

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de rutas para el despacho de kits alimenticios para fundaciones y
comunidades desde un Banco de Alimentos

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Christian Daniel Ávalos Ordoñez

José Carlos Moncayo Rodríguez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A mi madre Gladys Ordóñez, a mis tíos quienes me han apoyado a lo largo de toda mi carrera, no solo en la Universidad, sino en el colegio también.

A mi papá Miguel y a mi abuelita Alicia que, si estuvieran con vida, les diría que sí lo logré.

Christian Ávalos

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Mis padres, quienes han sabido apoyarme a lo largo de este proceso, y por confiar en mí.

José Moncayo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a mi familia, a mi mamá por seguirme apoyando siempre, a mis tíos por apoyarme con las cosas que necesitaba.

A mis amigos, porque sin ellos no pudiera estar donde estoy en estos momentos.

A nuestra tutora del proyecto, M.Sc. Isabel Alcívar, por guiarnos y motivarnos a lo largo del proyecto y en cada una de las etapas.

Christian Ávalos

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios por todas las bendiciones que ha derramado a lo largo de mi carrera.

A mis padres, quienes me han apoyado a lo largo de la carrera.

A nuestra tutora, M.Sc. María Isabel Alcívar, quien siempre nos subió el ánimo en cada reunión y nos guio de manera correcta en este trabajo.

Y, por último, a mis amigos con quienes compartí todo este largo trayecto.

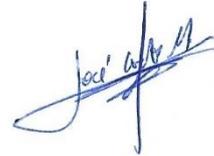
José Moncayo

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Christian Daniel Ávalos Ordoñez* y *José Carlos Moncayo Rodríguez* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual.”



Autor 1
Christian Daniel
Ávalos Ordoñez



Autor 2
José Carlos
Moncayo Rodríguez

EVALUADORES



firmado electrónicamente por:
**SOFIA ANABEL
LOPEZ
IGLESIAS**

M.Sc. Sofia López

PROFESOR DE LA MATERIA



firmado electrónicamente por:
**MARIA ISABEL
ALCIVAR
GARCIA**

M.Sc. María Isabel Alcívar

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo el diseño de un modelo de ruteo que le permita al Banco de Alimentos determinar la ruta óptima para el despacho de kits alimenticios; esto, debido al aumento de la demanda originada por la pandemia del COVID-19.

Para el desarrollo del modelo de ruteo, se aplicó la metodología Design for Six Sigma, la cual consta de 5 etapas. La primera etapa (Definir) nos permitió conocer los requerimientos del cliente. En la segunda etapa (Medición) se determinaron las variables que se consideraron para el desarrollo del modelo. Durante la tercera etapa (Análisis) se analizaron las opciones de modelos de ruteo considerando las necesidades y restricciones previamente establecidas en las etapas anteriores. La cuarta etapa (Diseño) consistió en la formulación de un modelo matemático de optimización de rutas, y en la utilización de la herramienta VRP Spreadsheet Solver para solucionar y validar dicho modelo. Finalmente, en la quinta etapa (Prototipado) se recreó la situación vivida durante la pandemia para valorar el impacto de la propuesta de diseño.

A través del uso de cada herramienta aplicada durante el desarrollo del proyecto, se redujo el tiempo de respuesta del proceso de despacho de kits alimenticios a 2 días, para la atención de 146 fundaciones. De esta forma el Banco de Alimentos podrá aprovechar de mejor manera los recursos disponibles para futuras emergencias.

Como conclusión, el proyecto genera varios beneficios para la organización. En el ámbito social, se atiende de manera más rápida y eficaz a las poblaciones más afectadas por la pandemia. En términos económicos, se mejora la utilización de los recursos que posee el Banco de Alimentos. En cuanto a beneficios ambientales, se reduce la emisión de CO₂ al medio ambiente.

Palabras Clave: Design for Six Sigma, Modelos de Ruteo, fundaciones, tiempo de respuesta.

ABSTRACT

This project aims to design a routing model that allows the Food Bank to determine the optimal route for the dispatch of food kits, due to the demand increase caused by the Covid 19 pandemic.

For the development of the routing model, the Design for Six Sigma methodology was applied, which consists of 5 stages. The first stage (Define) allowed us to know the client's requirements. In the second stage (Measurement) we determined the variables that needed to be considered for the development of the model. The third stage (Analysis), the routing model options were analyzed considering the needs and restrictions previously established in the previous stages. The fourth stage (Design) the mathematical model was formulated and used the VRP Spreadsheet Solver tool to solve the model, as well as its validation. And in the fifth stage (Prototyping) the situation experienced during the pandemic was recreated.

Using the tool, the response time regarding the dispatch of food kits was reduced to 2 days for the attention of 146 foundations. In this way, the Food Bank will be able to take better advantage of the resources available for future emergencies.

The conclusions for this the project are that it generates several social benefits, since the populations most affected by the pandemic are served more quickly and effectively, economical, since it takes better advantage of the resources that the Food Bank has and environmental since the emission of CO₂ to the environment is reduced.

Keywords: *Design for Six Sigma, Routing Models, foundations, response time.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	VIII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Marco teórico.....	5
1.4.1 Diseñar para Seis Sigma	5
1.4.2 Modelos de optimización para rutas de vehículos	7
CAPÍTULO 2.....	10
2. Metodología	10
2.1 Definición.....	10
2.1.1 Voz del cliente.....	10
2.1.2 Herramientas de Calidad	11
2.2 Recolección de datos	14
2.3 Análisis	15
2.4 Diseño	18

CAPÍTULO 3.....	28
3. Resultados y análisis	28
CAPÍTULO 4.....	35
4. Conclusiones y recomendaciones	35
4.1 Conclusiones	35
4.2 Recomendaciones	35
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

ABREVIATURAS

VRP	Vehicle Routing Problem
API	Application Programming Interface
DMAIC	Define, Measure, Analysis, Improve, Control
DFSS	Design for Six Sigma
DMADV	Define, Measure, Analysis, Design, Verify
VOC	Voice of Customer
QFD	Quality Function Deployment
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customer
Min	Minimizar
CTQ	Critical to Quality
TSP	Traveling Salesman Problem
VRPPD	Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery
VRPB	Vehicle Routing Problem with Backhauling
GVRP	Green Vehicle Routing Problem

SIMBOLOGÍA

km	Kilómetros
kg	Kilogramo
\$	Dólares Americanos

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.1: Diagrama SIPOC del despacho de donaciones.	4
Ilustración 2.1: Nube de palabras	11
Ilustración 2.2: CTQ tree.....	12
Ilustración 2.3: Quality Function Development (QFD).	13
Ilustración 2.4: Plan de recolección de datos.	14
Ilustración 2.5: Análisis de las opciones de Diseño primer filtro	16
Ilustración 2.6: Configuración de parámetros iniciales	22
Ilustración 2.7: Configuración de pestaña "Locations"	22
Ilustración 2.8: Configuración de pestaña "Distances"	23
Ilustración 2.9: Configuración de pestaña "Vehicles"	23
Ilustración 2.10: Configuración de pestaña "Solution"	24
Ilustración 2.11 Resultados primer escenario	25
Ilustración 2.12: Resultados segundo escenario	26
Ilustración 2.13: Resultados tercer escenario	27
Ilustración 3.1: Ruta óptima para la zona 1	29
Ilustración 3.2: Planificación para la zona 1 propuesta por el Banco de Alimentos	32
Ilustración 3.3: Planificación para la zona 2 propuesta por el Banco de Alimentos	32
Ilustración 3.4: Zonificación realizada por el Banco de Alimentos	33
Ilustración 3.5: Zonificación propuesta	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Comparación de la población atendida en un año natural respecto a las recientes emergencias.....	3
Tabla 2.1: Pugh Matrix.....	17
Tabla 2.2: Análisis de opciones de programa	18
Tabla 2.3: Escenarios a analizar.....	25
Tabla 3.1: Camiones disponibles.....	28
Tabla 3.2: Planificación para el despacho de kits alimenticios	30
Tabla 3.3: Indicadores para el escenario propuesto	30
Tabla 3.4: Costos asociados al transporte.....	31

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Las compañías que se encargan de distribuir diferentes tipos de productos a sus clientes tienen bien definidas sus operaciones con respecto a la entrega de estos. Sin embargo, ¿Qué ocurre cuando estas operaciones se vuelven obsoletas debido a diferentes circunstancias que atraviesa un país, como una pandemia? Banco de Alimentos fue una de las organizaciones locales que necesitó adaptarse ante una pandemia emergente, para cambiar la forma en la que hacía llegar los kits a las diferentes fundaciones: estas ya no podían ir a retirar los kits alimenticios a las instalaciones del Banco de Alimentos, sino que, ahora, el Banco de Alimentos era el encargado de distribuir los kits de alimentos a las diferentes fundaciones.

Lamentablemente, el Banco de Alimentos no cuenta con una herramienta digital que le permitiera determinar qué fundaciones atender, ni en qué orden. Por tanto, las decisiones de planificación se realizaban manualmente con tiempos de respuesta lentos.

Bajo este contexto, es necesario diseñar un modelo de ruteo que permita al Banco de Alimentos conocer la ruta óptima que deben seguir los camiones que llevan kits de alimentos a las fundaciones, con el fin de reducir los tiempos de respuesta y aprovechar de mejor manera los recursos con los que cuenta, ya sean recursos propios o donados por diferentes empresas públicas o privadas. Además, la información debe ser presentada a través de un programa con una interfaz fácil y flexible. Para el diseño de este modelo y programa, se utilizó la metodología Diseñar para Seis Sigma.

1.1 Descripción del problema

Hoy en día el Ecuador atraviesa una situación sanitaria muy crítica debido al brote del virus SARS-CoV-2, el cual ha impactado al país de manera económica, social, y política. Para evitar la propagación del virus, el país ha tomado medidas preventivas, entre esas, mantener a la población en cuarentena. Entre los individuos mayormente

afectados por estas disposiciones en general, se encuentran personas pertenecientes a una población vulnerable, cuyos ingresos económicos provienen de trabajos informales y que dependen del día a día para sustentar a sus familias.

A partir de estas medidas, muchas personas se ven en la necesidad de optar por nuevas formas de conseguir dinero y de esa manera cubrir sus necesidades básicas, pero, con un panorama poco favorable, muchas de estas personas no lo consiguen y entran en desesperación por llevar el alimento a sus hogares. Es debido a esto que estas personas recurren a la ayuda del Banco de Alimentos.

Sin embargo, debido a las restricciones vehiculares, las personas ya no pueden ir a retirar las donaciones por su cuenta y esta responsabilidad recae sobre el Banco de Alimentos.

Actualmente el banco de alimentos posee a su disposición dos vehículos para entrega de productos: un camión pequeño y una van para realizar entregas. Adicional a sus propios recursos, Banco de Alimentos cuenta con la ayuda de diferentes entidades, públicas y privadas, que ponen a disposición sus camiones para realizar el despacho de kits alimenticios de manera que se pueda abarcar a una mayor población.

1.2 Justificación del problema

Según datos proporcionados por el banco de alimentos, los beneficiarios en estas circunstancias se incrementan en gran proporción debido a desastres naturales y/o pandemias tal como se puede observar en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1: Comparación de la población atendida en un año natural respecto a las recientes emergencias.

	Terremoto 2016 (20 días)	Año 2019	Emergencia Sanitaria 2020 (37 días)
Kg Totales manejados	647.757 (varios)	654.507,34	1'563.681,03 (Alimentos)
Kilos diarios	32.187	1.414,40	42.261,65
Alcance	Guayaquil, Manabí	Guayaquil y Santa Elena	Guayas, Manabí, Azuay, Esmeraldas, Santa Elena
Población Atendida	Aproximado de 300.000 personas	30.152 personas	Aproximado de 908.088 personas

Fuente: Coordinadora General del Banco de Alimentos

Las personas atendidas durante el terremoto y la emergencia sanitaria es mucho mayor que las atendidas en un año regular, además, se nota la necesidad de personas que pertenecen a otras provincias.

En condiciones normales el beneficiario es el que se encarga de conseguir transporte para ir a retirar las donaciones (entre esos, kits alimenticios) y luego repartirla a la gente que está bajo su cargo. Sin embargo, esta opción ya no es viable debido a las medidas tomadas por el gobierno durante estados de emergencia, puesto que, la circulación de vehículos se ve restringida para las personas naturales, así como el acceso a diferentes áreas. Esto se puede ver reflejado en la ilustración 1.1:

Diagrama SIPOC



Ilustración 1.1: Diagrama SIPOC del despacho de donaciones.

Elaboración propia.

La Ilustración 1.1 muestra el diagrama de proveedores, entradas, procesos, salidas y clientes (SIPOC por sus siglas en inglés) el cual muestra el proceso que se ve afectado debido a las medidas tomadas por el gobierno es el último. Bajo este escenario, la responsabilidad de hacer llegar las donaciones a los diferentes lugares afectados recae sobre el Banco de Alimentos, el cual se ve en la necesidad de diseñar un modelo de ruteo de manera que le permita reducir su nivel de respuesta con respecto a las donaciones de kits alimenticios.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de ruteo desde la bodega principal del banco de alimentos hasta las diferentes parroquias y fundaciones que atiende, para que pueda ser usado en circunstancias normales y, especialmente, durante estados de emergencias como pandemias y desastres naturales.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Formular un modelo que pueda indicar la ruta óptima para el despacho de kits alimenticios.
- Diseñar una interfaz que muestre los resultados del modelo de ruteo sencilla para el usuario y flexible.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Diseñar para Seis Sigma

Seis sigma es una metodología para reducir la variabilidad de los procesos y aumentar la calidad de productos dentro una organización, mediante la eliminación errores y defectos de los procesos, impulsando la mejora continua. La metodología de Seis Sigma utiliza herramientas de análisis estadístico para lograr su objetivo. (Humberto Gutiérrez Pulido, 2009)

Por su parte, el diseño para seis sigma consiste en el desarrollo de productos y procesos con el objetivo de reducir urgencias negativas imprevistas de último momento. (Humberto Gutiérrez Pulido, 2009)

Esta metodología consta de 5 etapas: definir, medir, analizar, diseñar y verificar (DMADV), las cuales se describirán a continuación.

Definir: En esta etapa se identifica el nuevo producto, servicio o proceso que será diseñado o rediseñado. Para esta etapa se utilizan herramientas de identificación de necesidades y especificaciones de diseño, tales como:

- **VOC (Voice of customer):** La voz del cliente permite identificar las necesidades y expectativas de los clientes tanto internos, como externos, para establecer prioridades, objetivos, y requerimientos críticos para calidad.
- **Diagrama SIPOC:** En el diagrama SIPOC se identifican los proveedores, las entradas, salidas, y clientes de cada una de las etapas del proceso de una forma macro; para de esta forma, poder determinar las limitantes del proyecto y la oportunidad de diseñar el nuevo producto, servicio o proceso.

Medición: En esta fase se tiene como objetivo identificar las posibles variables y parámetros que necesitarán ser recolectados para la elaboración del nuevo proceso, producto, o servicio en base a las necesidades recolectadas en la etapa de definición. (Humberto Gutiérrez Pulido, 2009) La herramienta utilizada en esta etapa es el plan de recolección de datos.

- **Plan de Recolección de Datos:** Formato utilizado para indicar los parámetros a recolectar, que tipo de parámetros son, cuándo, cómo, por quién y porqué serán recolectados, y su método de verificación.

Análisis: Con la necesidades, restricciones y requerimientos recolectadas en las etapas previas, en esta etapa se desarrollan las diferentes alternativas de diseño, identificando los conceptos que mejor se ajusten a las propuestas. Se pueden utilizar herramientas para la toma de decisiones de las opciones de diseño como:

- **Pugh Matrix:** Una herramienta utilizada para la toma de decisiones que sirve para comparar conceptos de procesos, servicios o productos en base a las necesidades del cliente y criterios funcionales. La herramienta permite identificar las fortalezas y debilidades de manera rápida para cada solución potencial, y su objetivo es converger eventualmente a una solución óptima. (Michael L. George, 2004)

Diseñar: En esta etapa se desarrollan los detalles del diseño. El diseño por realizar debe cumplir con las restricciones y necesidades del cliente previamente establecidas. Adicionalmente se debe realizar la planificación para el modelado o implementación del diseño, como las pruebas piloto del nuevo producto, proceso o servicio diseñado o rediseñado.

Verificar: En esta etapa se elabora el producto, proceso o servicio completamente en base a los requerimientos del cliente, validando las actividades relaciones al diseño

realizado. Adicionalmente, se entrega el diseño finalizado a los propietarios del proceso.

1.4.2 Modelos de optimización para rutas de vehículos

Adicionalmente, como el proyecto cubre el diseño de un modelo de ruteo, se analizaron varios modelos de optimización. Los problemas de enrutamiento tienen como objetivo buscar la ruta o colección de rutas optimas desde uno o varios depósitos o bodegas hacia un cierto número determinados de clientes. (Gianpaolo Ghiani, 2013) El o los vehículos viajan a través de una red conformada por un número de nodos, un número de arcos y bordes. El problema puede ser clasificado como un problema de enrutamiento de nodos si los clientes están ubicados en nodos; mientras que, si están ubicados uniformemente a lo largo de arcos o bordes, se lo denomina un problema de enrutamiento de arcos. Enrutamiento por nodos es utilizado comúnmente en la planificación de la cadena de suministro, donde los clientes corresponden a clientes individuales o instalaciones en la cadena de suministro. En cambio, el enrutamiento por arcos es utilizado para aplicaciones de entrega de correos, recolección de basura, y recolección de nieve. (Goetschalckx, 2011)

Para esta clase de problemas suele haber restricciones operacionales, las más comunes son:

- El número de vehículos, este puede ser fijo o puede ser una variable de decisión posiblemente sujeta a una restricción de límite superior;
- La demanda total que es transportada por un vehículo no debe ser exceder la capacidad del vehículo;
- La duración de la ruta o las rutas no debe exceder el límite del tiempo disponible;
- Los clientes deben ser atendidos en sus respectivas ventanas de tiempo;
- Algunos clientes deben ser atendidos por algún vehículo en específico;
- El servicio a un cliente debe ser realizado por un solo vehículo o puede ser compartido. (Gianpaolo Ghiani, 2013)

Problema del Agente Viajero (TSP)

El problema de enrutamiento por nodos que considera un solo vehículo para su viaje es conocido normalmente como Traveling Salesman Problem (TSP) o problema del agente viajero. El problema del agente viajero consiste en encontrar el circuito o usualmente llamado tour, incluyendo todos los vértices y el depósito sin ningún tipo mayor de restricción. (Gianpaolo Ghiani, 2013)

El problema del agente viajero puede ser clasificado de dos formas: como un problema simétrico o un problema asimétrico. Se define que hay un costo asociado, una distancia o un tiempo al ir desde una ubicación a otra, que dependerá del objetivo del problema a resolver. Si el costo asociado, tiempo o distancia al ir desde un punto i a un punto j , es el mismo que ir desde j a i entonces es un problema simétrico. En el caso de ser diferente, es considerado un problema asimétrico. (Gianpaolo Ghiani, 2013)

Problema de ruteo vehicular (VRP)

El modelo clásico de un problema de ruteo vehicular, un número de clientes con ubicaciones y demandas conocidas tienen que ser servidos por una flota de vehículos con capacidades iguales o diferentes, donde todos tienen que empezar y terminar su respectivo recorrido en el depósito. El objetivo principal es reducir el largo total de las rutas que serán realizadas. (Goetschalckx, 2011)

Problema de ruteo vehicular con ventanas de tiempo (VRPTW)

El problema de ruteo vehicular con ventanas de tiempo es una variante del modelo clásico con una especificación adicional de un intervalo de tiempo para el inicio del servicio al cliente. Estas ventanas de tiempo pueden ser tanto rígidas como permisibles. Si es de tipo rígida el vehículo puede llegar a la ubicación del cliente antes de la hora permitida y esperar hasta el inicio de la ventana de tiempo para empezar el servicio; sin embargo, no puede llegar una vez pasada la ventana horaria. En una ventana tiempo permisible, el intervalo de tiempo puede ser violada con una cierta penalidad. (Goetschalckx, 2011)

Problema de ruteo vehicular con entregas y devoluciones (VRPPD o VRPB)

El problema de ruteo vehicular con entregas considera una situación diferente a la común, donde un vehículo sale de un punto inicial con cierta cantidad de carga para satisfacer varios puntos. Este tipo de problema considera un escenario donde uno o más vehículos entregan y recogen producto de los distintos puntos a los cuales visita. En algunos casos se pueden asignar vehículos dedicados solo a realizar entregas y vehículos dedicados solo a recoger producto. (LIONG CHOONG YEUN, 2008)

Problema de ruteo vehicular verde (GVRP)

El problema de ruteo vehicular ecológico es un tipo de problema que pertenece a la rama de logística verde cuyo objetivo es reducir el impacto ambiental. Este tipo de problema toma en cuenta ciertas externalidades como el consumo de dióxido carbono como un factor principal, para de esta forma poder cumplir con dicho objetivo. (Tolga Bektas,, 2015)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la obtención de los resultados, es imprescindible el uso de la metodología correcta. Para este proyecto de diseño de un producto, se ha empleado la metodología Diseñar para Seis Sigma (DPSS), cuyo objetivo es el correcto diseño de un producto según las necesidades del cliente.

A continuación, se describen las diferentes actividades realizadas y herramientas utilizadas para cada una de las etapas.

2.1 Definición

El propósito de esta etapa es identificar las necesidades del cliente para que el proyecto tenga el rumbo adecuado y pueda solucionar la problemática ya descrita.

Se inició con una reunión entre la Coordinadora General y el Director Ejecutivo junto con los líderes del proyecto, para entender el contexto de la situación actual que atraviesan y se necesita resolver. Junto a ellos, se declaró la oportunidad que el banco de alimentos necesita un programa el cual les permita conocer la ruta óptima de entrega a los diferentes clientes que actualmente poseen, teniendo en cuenta ciertas restricciones y especificaciones de diseño, la cuales se darán a conocer más adelante.

2.1.1 Voz del cliente

Se realizó una lluvia de ideas junto con el personal del banco de alimentos, coordinadora general, visitadora social, y asistente operativa, a través de una reunión virtual. La dinámica consistió en contestar a la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las principales características que debe tener el modelo de ruteo?

Se decidió recopilar la información obtenida en una nube de palabras para que las características que más se repetían—y, por ende, las más importantes—destacaran más que las otras, tal como se muestra en la Ilustración 2.1:



Ilustración 2.1: Nube de palabras

Elaboración propia

De esta nube de palabras se destacan las siguientes características:

- ✓ Flexibilidad con respecto a lugares que se pueden atender.
- ✓ Que la interfaz sea sencilla de utilizar.
- ✓ Que permita dar una rápida respuesta de acción.
- ✓ Reducción del uso de combustible.

2.1.2 Herramientas de Calidad

Una vez realizado el VOC se procedió a realizar el árbol de variables críticas (CTQ), con la finalidad de traducir las necesidades del cliente en variables medibles, ya sean discretas o continuas, para un posterior análisis. El CTQ se muestra a continuación:



Ilustración 2.2: CTQ tree.
Elaboración propia.

Una vez establecidas las variables para cada necesidad se procedió a realizar “La casa de la Calidad” (QFD, por sus siglas en inglés), herramienta la cual permite elaborar una correlación entre las diferentes variables, ya sean estas positivas o negativas, y a su vez posibilita la opción de evaluar cada una de las variables con las necesidades del cliente. De esta forma se logra establecer la variable de mayor importancia para el modelo. El proceso de evaluación se lo realizó junto al personal del Banco de Alimentos. La ilustración 2.3 muestra el desarrollo del QFD.

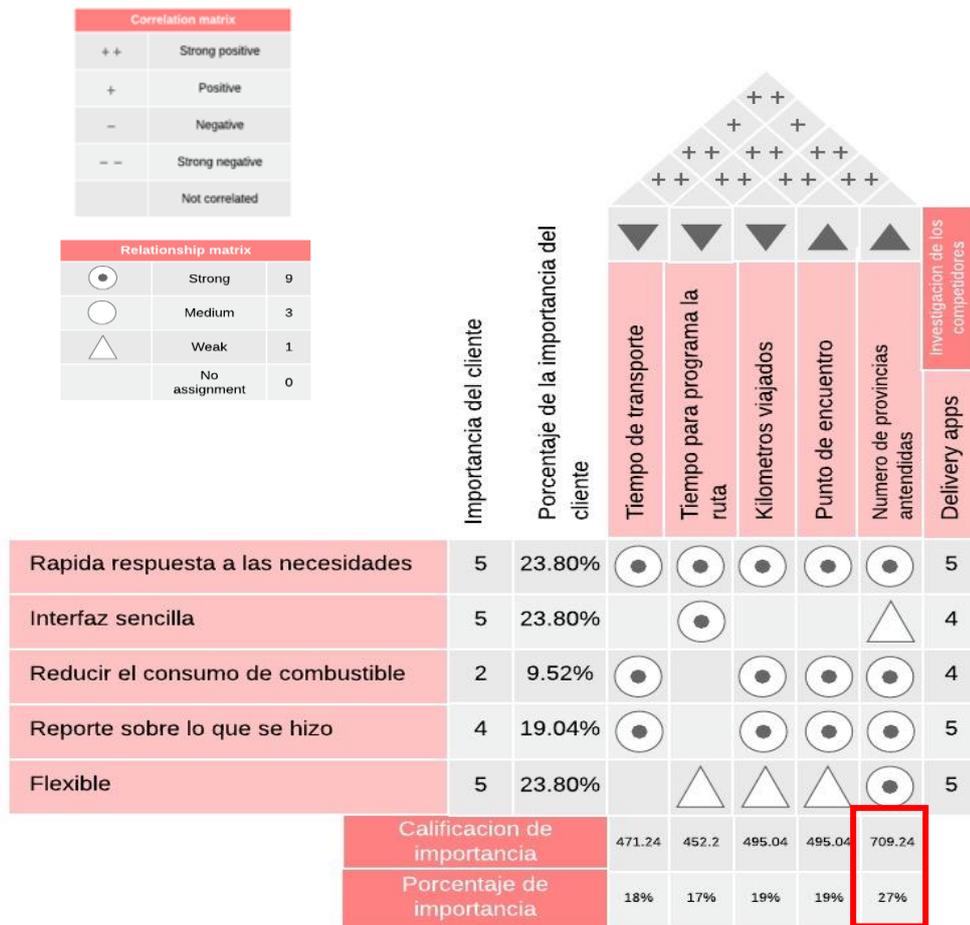


Ilustración 2.3: Quality Function Development (QFD).

Elaboración propia.

En la ilustración 2.3 se pueden observar las ponderaciones para cada símbolo para su posterior cálculo. El resultado que se obtuvo fue que la variable de mayor interés es la de "Número de provincias atendidas (100% Guayas) ", seguido de "Lugares cubiertos" y "Kilómetros recorridos". Estas serán las principales necesidades para cubrir por el modelo.

El resultado se ve justificado pues el Banco de Alimentos lo que busca en esta situación es la de atender a la mayor cantidad de personas en el menor tiempo.

2.2 Recolección de datos

El propósito de esta etapa era identificar las variables que iban a ser utilizadas para el modelo de ruteo. Las variables y parámetros por considerar se pueden observar en la ilustración 2.4:

Descripción	Qué		Cuándo	Dónde	Cómo		Por qué	Método de verificación	Estado
	Unidad de medida	Tipo de Dato	Fecha	Lugar/Origen	Método de observación	Método de recolección	Uso		
Ubicación de las Organizaciones	Longitud, Latitud	Continuo/Coordenados de Google Maps	Desde 15/6/2020	Base de datos (Información de las organizaciones en Excel)	Observación Directa	Realizar una visita a la organización y obtener la ubicación en Google Maps	Es necesario para saber dónde las donaciones están siendo transportadas para el modelo de ruteo (Fase de Análisis)	Revisar cada ubicación en Google y en sitios webs asociados a las fundaciones, así como hacer contacto con las mismas	En progreso
Distancia entre el banco de alimentos y cada fundación y distancia entre cada fundación	Kilómetros	Continuo	Desde 15/6/2020	Base de datos (Información de las organizaciones en Excel)	Observación Directa	Crear un mapa usando la herramienta Google Maps y medir las distancias entre cada nodo y el depósito principal	Es una entrada importante para el modelo de ruteo ya que así se puede determinar la solución óptima para el despacho de los kits	Revisar cada ubicación de manera individual en Google, y sitios webs asociados a las organizaciones	En progreso
Vehículos Disponibles	Unidades	Discreto	Desde 22/6/2020	Base de datos (Información de las organizaciones en Excel)	Observación Directa	Revisar la información con respecto a los vehículos usados para la entrega de donaciones	Es una entrada importante para el modelo de ruteo ya que así se puede determinar la solución óptima para el despacho de los kits	Revisar especificaciones técnicas de los vehículos utilizados	En progreso
Capacidad de los vehículos	Toneladas	Continuo	Desde 22/6/2020	Base de datos (Información de las organizaciones en Excel)	Observación Directa	Revisar la información con respecto a los vehículos usados para la entrega de donaciones	Para futuras restricciones del modelo	Revisar especificaciones técnicas de los vehículos utilizados	En progreso
Consumo de combustible	Galón/km	Continuo	Desde 20/7/2020	Especificaciones técnicas del vehículo	Entrevistas	Buscar en línea las especificaciones técnicas de los vehículos utilizados	Es una entrada importante para el modelo de ruteo ya que así se puede determinar la solución óptima para el despacho de los kits	Revisar especificaciones técnicas de los vehículos utilizados	Pendiente
Ventanas horarias	Horas	Continuo	Desde 20/7/2020	Entrevistas	Entrevistas	Entrevista a la trabajadora social	Es una entrada importante para el modelo de ruteo ya que así se puede determinar la solución óptima para el despacho de los kits	Verificar la información con la base de datos	Pendiente
Tiempo promedio de descarga	Minutos	Continuo	Desde 20/7/2020	Entrevistas	Entrevistas	Entrevista a diferentes personas del área logística y a los choferes	Es una entrada importante para el modelo de ruteo ya que así se puede determinar la solución óptima para el despacho de los kits	Realizar un análisis de sensibilidad para revisar la robustez del modelo sobre este parámetro de incertidumbre	Pendiente

Ilustración 2.4: Plan de recolección de datos.

Elaboración propia.

La mayoría de estas variables se las determinó de acuerdo con los reportes de despacho de donaciones que maneja el banco de alimentos tales como:

- ✓ Capacidad de los vehículos.
- ✓ Ventanas de recepción de las fundaciones
- ✓ Disponibilidad de los vehículos

Las variables como la longitud, latitud y distancias entre fundaciones, se las determinara más adelante a través de la herramienta Google Maps.

2.3 Análisis

Para el análisis de las opciones de diseño se lo realizó a través de dos filtros. El primer filtro consistió en analizar la opción de cómo se estaba manejando las donaciones en ese momento, es decir; que las organizaciones, fundaciones o parroquias venían a retirar directamente las donaciones al Banco de Alimentos. La opción fue la de un modelo de ruteo para realizar las donaciones. Esto se lo ejecutó tomando en cuenta las necesidades y restricciones previamente recolectadas. Las cuales son:

- Que se puede tener un nivel rápido de respuesta a emergencias;
- Que se puede llegar a más personas en necesidad en un estado de emergencia;
- Que sea adaptable a situaciones de emergencias;
- Que no todas las organizaciones cuentan con vehículos o permisos vehiculares;
- Que no todos los beneficiarios pueden salir dependiendo del tipo de emergencia debido a enfermedades u otros, por ejemplo; con respecto al Covid-19 las personas de mayor edad eran más vulnerables

Necesidades & Restricciones	Organizaciones recogen las donaciones - No rutas necesitadas	Modelo de ruteo de vehículos para el despacho de alimentos
• Respuesta rápida a emergencias	X	✓
• Llegar a más personas en necesidad	X	✓
• No todas las organizaciones cuentan con vehículo	X	✓
• No todos los beneficiarios pueden salir dependiendo de la emergencia	X	✓
• No todas las organizaciones cuentan con permisos vehiculares	X	✓
• Adaptable a situaciones de emergencia	X	✓

Ilustración 2.5: Análisis de las opciones de Diseño primer filtro

Analizando las restricciones y necesidades, se observa que el modelo de ruteo cumple con cada una de ellas, por lo tanto, es la opción más viable.

Para el segundo filtro, se analizaron las distintas opciones de modelo de ruteo y las opciones de interfaz que estaban disponibles. Antes del análisis de las opciones de modelos de ruteo, se realizaron distintas entrevistas con la coordinadora general y la visitadora social, para poder recolectar todos los criterios necesarios a considerar.

Con estos criterios recolectados se los colocó dentro de una matriz de decisión llamada “Pugh Matrix” explicada en la sección 1. 4. Esta matriz permitió determinar la mejor opción de modelo para las rutas posibles.

Tabla 2.1: Pugh Matrix

Pugh Matrix					
Criterio	Peso	A	B	C	D
		VRP Clásico	VRP con ventanas de tiempo	VRP Heterogéneo	VRP Heterogéneo con ventanas de tiempo
Reducción del combustible	1	0	0	0	1
Uno o más vehículos pueden ser usados	3	1	1	1	1
Incluye el tiempo que toma entre nodos	3	-1	1	-1	1
Incluye tiempo de descarga	3	1	1	1	1
Tiempo disponible entre vehículos	3	-1	1	-1	1
Número de Vehículos disponibles	3	1	1	1	1
Cubre más ubicaciones en menos tiempo	2	1	1	1	1
Considera la opción de hacer más de un viaje	3	1	1	1	1
Estados de Emergencia y Restricciones Gubernamentales	3	-1	1	-1	1
Cubre todas las ubicaciones	3	1	1	1	1
Considera Vehículos con diferentes capacidades	3	0	-1	1	1
Considera las demandas de los Nodos	3	1	1	1	1
Total		11	26	14	33

Como se puede observar en la la tabla 2.1 se consideraron todos los criterios necesarios que debería incluir el modelo a escoger. Entre las más importantes, que considere vehículos con diferentes capacidades, que multiples vehículos pueden ser utilizados al mismo tiempo y que pueda realizar mas de un viaje si es necesario. Se asignó un valor a cada criterio para indicar el nivel de importancia o peso que tiene, siendo 3 más importante y 1 menos importante.

Para las opciones de diseño se investigaron distintos modelos de ruteo de vehículos y se tuvieron entrevistas con expertos, para saber cuál serían las opciones que se adaptaban más a las necesidades y restricciones recolectadas. Para indicar la relación de las opciones de modelo con los criterios recolectados se asigna un valor de -1 o +1 dependiendo si esa opción de diseño se relaciona o no se relaciona con ese criterio como se puede observar en la tabla 2.1; donde la opción que mejor se adapte a estos criterios es la de un modelo VRP heterogéneo con ventanas de tiempo.

Una vez obtenida la mejor opción de modelo, se procedió a analizar las opciones de programa donde se pudiera diseñar el modelo. Se procedió a determinar los requerimientos necesarios y las restricciones de cada programa, así como sus beneficios y contra beneficios. Se analizaron 3 opciones de programa: R studio, Python, y Google Sheets.

Tabla 2.2: Análisis de opciones de programa

R	Python	Google Sheets
Necesita Interpreté	Necesita interpreté	No necesita interpreté
Conexión a Internet (Google Maps)	Conexión a Internet (Google Maps)	Conexión a Internet (Google Maps)
Interfaz compleja	Interfaz compleja	Interfaz relativamente sencilla
Adaptable a más regiones	Adaptable a más regiones	Adaptable a más regiones
Necesita una llave API	Necesita una llave API	Necesita una llave API

Como se puede observar en la tabla 2.2 las opciones necesitan de una conexión a internet, puesto que los 3 programas funcionarían a la par con Google Maps, ya que se necesita que trabajen con coordenadas geográficas para poder conocer las ubicaciones que se van a atender. Las 3 opciones necesitarían de una llave API, esta llave es necesaria para poder utilizar el servicio que nos ofrece Google Maps para poder obtener las coordenadas. R y Python tienen una interfaz más compleja que Google Sheets al ser software de programación y por lo tanto ambos también necesitan un intérprete para el uso del programa. Finalmente, los 3 programas permiten una adaptabilidad a más regiones en el futuro.

2.4 Diseño

Según lo evaluado en la etapa de análisis, se concluyó que un modelo VRP heterogéneo con ventanas de tiempo satisfaría las necesidades del Banco de Alimentos. En primera instancia, se formuló un modelo de optimización basado en el trabajo de Güneş Erdoğan (Erdoğan, 2017). Esta formulación se adapta a las necesidades, restricciones y criterios evaluados en la etapa anterior, así como los objetivos de diseño. La formulación matemática se muestra a continuación:

Parámetros:

$V_D: \{1\}$

V_C Conjunto de vértices de clientes

$V: V_D \cup V_C$

A : Conjunto de Arcos (i, j) donde $i \neq j$

q_i : la cantidad a entregar a cada cliente $i \in V_C$

s_i : El tiempo de servicio requerido para un cliente $i \in V_C$

$[a_i, b_i]$: Ventanas de tiempo para cada cliente $i \in V_C$ y cada $i \in V_D$

K : Conjunto de vehículos; para cada vehicle $k \in K$

g^k : Tiempo de inicio de cada vehículo $k \in K$

L^k : Capacidad de vehículo $k \in K$

W^k : Tiempo limite de trabajo para cada vehículo $k \in K$

t_{ij} : tiempo entre cada arco $(i, j) \in A$

d_{ij} : distance entre cada arco $(i, j) \in A$

β : $\left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ si el o los vehículos tienen que regresar al depot} \\ 0, \quad \text{ caso contrario} \end{array} \right\}$

Variables de decision:

x_{ij}^k : $\left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ si un vehículo } k \text{ atraviesa el arco } (i, j) \in A \\ 0, \text{ caso contrario} \end{array} \right\}$

y_i^k : $\left\{ \begin{array}{l} 1, \text{ si un vehículo } k \text{ visita y sirve el vértice } i \\ 0, \text{ caso contrario} \end{array} \right\}$

z_{ij}^k : la cantidad de entrega llevada cada arco $(i, j) \in A$

h_i^k : la hora en que un vehículo k llega a un vértice $i \in V$

Función Objetivo:

$$\min Z = \sum_{k \in K} \sum_{(i,j) \in A} t_{ij} x_{ij}^k \quad (2.1)$$

Restricciones:

Todos los clientes deben ser visitados:

$$\sum_{k \in K} y_i^k = 1; \forall i \in V_C \quad (2.2)$$

Conservación de flujo (si hay entrada, hay salida)::

$$\sum_{j \neq i} x_{ij}^k \leq \sum_{j \neq i} x_{ji}^k, \forall j \in V_C, k \in K \quad (2.3)$$

Conectividad entre el depósito de origen y el cliente visitado por este vehículo:

$$\sum_{j \in V_C} x_{1j}^k \geq y_i^k; \forall i \in V_C, k \in K \quad (2.4)$$

El vehículo debe regresar al depósito cuando sea necesario:

$$\sum_i x_{ij}^k \geq \beta y_i^k; \forall i \in V_C, k \in K, j \in V_D \quad (2.5)$$

Cada vehículo puede ser utilizado máximo una vez:

$$\sum_{j \in V_C} x_{1j}^k \leq 1 \quad (2.6)$$

Conservación de flujo para las entregas:

$$\sum_{j \neq i} z_{ji}^k - \sum_{j \neq i} z_{ij}^k = q_i y_i^k; \forall i \in V_C, k \in K \quad (2.7)$$

$$\sum_{i \in V_C} z_{1j}^k = \sum_{i \in V_C} q_i y_i^k; \forall k \in K \quad (2.8)$$

Subtours (Milers, Tuckers, Zemlin) y proporcionar el marco para las ventanas de tiempo:

$$h_i^k + (t_{ij} + s_i)x_{ij}^k - W^k(1 - x_{ij}^k) \leq h_j^k; \forall (i, j) \in A: j \in V_C, k \in K \quad (2.9)$$

Límites inferior y superior para cada ventana de tiempo:

$$a_i \leq h_i^k + s_i \leq b_i \quad (2.10)$$

Hora de inicio de trabajo:

$$h_1^k = g^k; \forall k \in K \quad (2.11)$$

Hace que el vehículo regrese al depósito a tiempo si es necesario:

$$h_i^k + (s_i + t_{ij})x_{i1}^k \leq b_i + M(1 - \beta); \forall (i, j) \in A: i \in V_C, k \in K \quad (2.12)$$

Capacidad de vehículos:

$$z_{ij}^k \leq L^k x_{ij}^k; \forall (i, j) \in A, k \in K \quad (2.13)$$

Límite de tiempo de trabajo:

$$\sum_{i \in V_C} s_i y_i^k + \sum_{(i,j) \in A} t_{ij} x_{ij}^k \leq W^k; \forall k \in K \quad (2.14)$$

Integralidad y no negatividad:

$$x_{ij}^k \in \{0,1\}; \forall (i,j) \in A, k \in K$$

$$y_i^k \in \{0,1\}; \forall (i,j) \in A, k \in K$$

$$z_{ij}^k \geq 0; \forall (i,j) \in A, k \in K$$

La formulación de nuestro diseño propuesto tiene como función objetivo minimizar el tiempo total de la ruta como se observa en la ecuación 2.1. Incluye cuatro variables de decisión donde las dos primeras son variables binarias que indican cuando un vehículo se encuentra en un arco y cuando un vehículo visita y atiende una ubicación respectivamente. Las siguientes dos variables son continuas y sirven para indicar la

cantidad de producto que se está transportando en un arco y para indicar la hora de arribo de un vehículo a una ubicación.

Las restricciones del modelo se encuentran desde la ecuación 2.2 hasta la 2.14 donde se consideraron ciertas limitantes como:

- Todos los vehículos deben ser visitados
- Que los vehículos deben regresar al lugar de origen
- Disponibilidad de las ubicaciones y vehículos
- Capacidad de vehículos, etc.

La herramienta a utilizar para nuestro diseño propuesto fue desarrollada por Güneş Erdoğan de igual forma (Erdoğan, 2017). Esta herramienta fue escogida ya que cumple con las necesidades del banco de alimentos, debido a que es sencilla de usar, es flexible y adaptable a más ubicaciones en el futuro. La herramienta funciona a la par con Bing Maps, esto lo hace para poder conocer las ubicaciones de los lugares que se van a atender, para lo cual es necesario una llave de Bings Maps. A continuación, se muestra la herramienta y como se usa:

- 1) Se realizan las configuraciones iniciales respecto al número de fundaciones a atender, número de vehículos, cantidad de centros de distribución, velocidad del camión, y si el camión puede regresar al Banco para reabastecimiento.

Sequence	Parameter	Value	Remarks
0.Optional - GIS License	Bing Maps Key		You can get a free trial key at https://www.bingmapsportal.com/
1.Locations	Number of depots	1	[1,20]
	Number of customers	11	[5,200]
2.Distances	Distance computation method	Bing Maps driving distances (km)	Recommendation: Use 'postcode, country' format for addresses
	Duration computation method	Bing Maps driving durations	
	Bing Maps route type	Fastest	Recommendation: Use 'Fastest'
	Average vehicle speed	70	
3.Vehicles	Number of vehicle types	1	
4.Solution	Do the vehicles return to their depot(s)?	Yes - may do so multiple times	
	Time window type	Hard	
	Backhauls?	No	If activated, delivery locations must be visited before pickup locations
5.Optional - Visualization	Visualization background	Bing Maps	
	Location labels	Blank	
6.Solver	Warm start?	Yes	
	Show progress on the status bar?	Yes	
	CPU time limit (seconds)	60	Recommendation: At least 60 seconds

Ilustración 2.6: Configuración de parámetros iniciales

2) Luego se procede a llenar la pestaña de “Locations” con las fundaciones y sus coordenadas de Latitud y Longitud, sus ventanas horarias, el tiempo de servicio para cada una, así como la cantidad a entregar.

Location ID	Name	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end	Must be visited?	Service time	Pickup amount	Delivery amount	Profit
0	Banco de alimentos	-2,142117	-79,94262	08:00	20:00	Starting location	0:00	0	0	0
1	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	-2,183056	-79,89183	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
2	FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	-2,17826	-79,87604	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
3	FUNDACION PADRE DAMIAN	-2,181377	-79,89096	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
4	IGLESIA JESUS IS LORD INTERNATIONAL LA IGLESIA	-2,208756	-79,88718	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
5	PARROQUIA SANTISIMO SACRAMENTO (RESA)	-2,198661	-79,890442	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
6	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR COMPLETA CARDENAL RICHARD	-2,1946	-79,925401	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
7	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL SALESIANA SAN JUAN BOSCO	-2,190973	-79,896535	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
8	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SAN JOAQUIN Y SANTA ANA	-2,196894	-79,912842	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
9	FUNDACION TACITA CALIENTE	-2,188482	-79,895649	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
10	Parroquia La Ascension del Señor	-2,191085	-79,91614	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0
11	Parroquia San Martin de Porres	-2,194965	-79,925409	08:00	20:00	Must be visited	0:20	0	50	0

Ilustración 2.7: Configuración de pestaña “Locations”

- 3) Una vez completada esta pestaña, se procede hacer el calculo de la matriz de distancias entre cada punto, así como el tiempo entre cada punto con la ayuda de Bing Maps.

From	To	Distance	Duration	Method
Banco de alimentos	Banco de alimentos	0,00	0:00	
Banco de alimentos	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	8,65	0:13	
Banco de alimentos	FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	11,18	0:17	
Banco de alimentos	FUNDACION PADRE DAMIAN	9,16	0:15	
Banco de alimentos	IGLESIA JESUS IS LORD INTERNATIONAL LA IGLESIA	11,54	0:19	
Banco de alimentos	PARROQUIA SANTISIMO SACRAMENTO (RESA)	9,80	0:15	
Banco de alimentos	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR COMPLETA CARDENAL RICHARD CUSHING	8,09	0:14	
Banco de alimentos	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL SALESIANA SAN JUAN BOSCO	8,42	0:13	
Banco de alimentos	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SAN JOAQUIN Y SANTA ANA	8,46	0:14	
Banco de alimentos	FUNDACION TACITA CALIENTE	8,15	0:12	
Banco de alimentos	Parroquia La Ascensión del Señor	7,99	0:13	
Banco de alimentos	Parroquia San Martín de Porres	8,13	0:14	
Banco de alimentos	Banco de alimentos Diakonia	14,75	0:17	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	0,00	0:00	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	4,16	0:07	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	FUNDACION PADRE DAMIAN	2,08	0:04	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	IGLESIA JESUS IS LORD INTERNATIONAL LA IGLESIA	5,65	0:11	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	PARROQUIA SANTISIMO SACRAMENTO (RESA)	3,65	0:08	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR COMPLETA CARDENAL RICHARD CUSHING	7,52	0:14	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL SALESIANA SAN JUAN BOSCO	2,26	0:06	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SAN JOAQUIN Y SANTA ANA	5,45	0:11	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	FUNDACION TACITA CALIENTE	2,00	0:05	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	Parroquia La Ascensión del Señor	4,97	0:10	
ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	Parroquia San Martín de Porres	7,57	0:14	
FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	Banco de alimentos Diakonia	17,64	0:22	
FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	4,04	0:08	

Ilustración 2.8: Configuración de pestaña "Distances"

- 4) Luego se tiene que configurar los parámetros del vehículo en la pestaña "Vehicles". En esta pestaña se puede indicar la capacidad del vehículo, así como los límites del tiempo de trabajo, conducción y la cantidad de vehículos.

Starting depot	Vehicle type	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Duration multiplier	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Return depot	Number of vehicles
Banco de alimentos	11	185	0,00	0,00	1,40	1000,00	08:00	12:00	12:00	Banco de alimentos	1

Ilustración 2.9: Configuración de pestaña "Vehicles"

5) Finalmente, se le da a la pestaña "Solution" para luego darle a la pestaña "Solver" y de esta manera encontrar la ruta óptima para este escenario.

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	100
1	UNIDAD EDUACTIVA FISCOMISIONAL SALESIANA SAN JUAN BOSCO	8,42	0:18	08:18	08:38	0:38	0	50
2	FUNDACION TACITA CALIENTE	8,90	0:21	08:41	09:01	1:01	0	0
3	Banco de alimentos	22,24	0:40	09:20	09:20	1:20	0	150
4	PARROQUIA SANTISIMO SACRAMENTO (RESA)	32,04	1:01	09:41	10:01	2:01	0	100
5	IGLESIA JESUS IS LORD INTERNATIONAL LA IGLESIA	34,07	1:08	10:08	10:28	2:28	0	50
6	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SAN JOAQUIN Y SANTA ANA	37,94	1:24	10:44	11:04	3:04	0	0
7	Banco de alimentos	49,79	1:46	11:26	11:26	3:26	0	150
8	FUNDACION PADRE DAMIAN	58,95	2:07	11:47	12:07	4:07	0	100
9	FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	62,16	2:15	12:15	12:35	4:35	0	50
10	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	66,20	2:27	12:47	13:07	5:07	0	0
11	Banco de alimentos	80,95	2:50	13:30	13:30	5:30	0	150
12	Parroquia La Ascensión del Señor	88,94	3:09	13:49	14:09	6:09	0	100
13	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR COMPLETA CARDENAL RICHARD CUSHING	90,39	3:14	14:14	14:34	6:34	0	50
14	Parroquia San Martin de Porres	90,43	3:14	14:34	14:54	6:54	0	0
15	Banco de alimentos	100,79	3:32	15:12		7:12	0	0

Ilustración 2.10: Configuración de pestaña "Solution"

La solución presenta un reporte donde se muestra la ruta óptima a seguir, el tiempo de arribo y partida a cada ubicación, la distancia total recorrida en km, el tiempo de conducción, el tiempo de trabajo, y la cantidad de producto que se lleva durante cada punto. De esta forma; obteniendo los CTQs que se habían planteado al inicio del proyecto.

Una vez con esta solución propuesta se resolvieron varios escenarios dados por la empresa para poder determinar qué tan robusto es el diseño propuesto. Estos escenarios se diferencian el uno del otro, en ciertos parámetros como las ventanas de tiempo, las limitantes del tiempo de trabajo, capacidades, tiempos de servicio, etc. cómo se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 2.3: Escenarios a analizar

PARÁMETROS	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
Número de ubicaciones	10	10	10
Número de vehículos	1	2	1
Capacidad de vehículos [Ton]	2,5	2,5 - 5	2,5
Tiempo de servicio [min]	20	40	Variado
Ventana de tiempo	08:00-17:00	08:00-17:00	08:00-17:00
Tiempo de trabajo[hora]	9	5 (13:00)	9
Cantidad a entregar [kg]	150	500	Variado
Vehículo regresa al depot?	Si - al final	Si - múltiples veces	Si - múltiples veces

Total net profit:		0,00						
Vehicle:	V1 (T1)	Stops:	11	Net profit:	0,00			
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	0,00	0:00		08:00	0:00	0	1000
1	CENTRO MEDICO MARIANA DE JESUS	5,99	0:13	08:13	08:33	0:33	0	900
2	CENTRO DE REHABILITACION UN NUEVO AMANECER	14,42	0:28	08:48	09:08	1:08	0	800
3	FUNDACION APRENDIENDO A VIVIR CON DIABETES(FUVIDA)	22,11	0:41	09:21	09:41	1:41	0	700
4	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	32,74	0:57	09:57	10:17	2:17	0	600
5	ASVOLH EN EL ALBERGUE	36,28	1:04	10:24	10:44	2:44	0	500
6	ASOCIACION IMPULSANDO EL DESARROLLO SOCIAL	49,10	1:28	11:08	11:28	3:28	0	400
7	CENTRO EVANGELISTICO MISIONERO APOCALIPSIS	55,75	1:42	11:42	12:02	4:02	0	300
8	ASOCIACION AFROECUATORIANA MUJERES DE LUCHA	58,82	1:52	12:12	12:32	4:32	0	200
9	ASOCIACION COMUNITARIA HILARTE	62,02	2:02	12:42	13:02	5:02	0	100
10	CENTRO DE REHABILITACION SEMBRADORES DE VIDA	191,80	3:50	14:50	15:10	7:10	0	0
11	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	321,91	5:34	16:54		8:54	0	0
Detected reasons of infeasibility								

Ilustración 2.11 Resultados primer escenario

El primer escenario consta de atender 10 ubicaciones con un vehículo de capacidad de 2.5 toneladas, con un tiempo de servicio estandarizado de 20 minutos para cada ubicación, así como una cantidad estandarizada de 150 kg con una ventana horaria de 8 a.m. hasta las 5 p.m.

Como se puede observar el resultado del primer escenario en la Ilustración 2.11. La resolución no muestra ningún inconveniente regresando al depósito antes del fin de la ventana horaria.

Warning: Last solution returned by the solver does not satisfy all constraints.							
Vehicle: V1 (T1)		Stops: 6 Net profit:					
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected
0	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	0,00	0:00		08:00	0:00	0 2500
1	ASVOLH EN EL ALBERGUE	10,57	0:16	08:16	08:56	0:56	0 2000
2	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	12,71	0:21	09:01	09:41	1:41	0 1500
3	FUNDACION APRENDIENDO A VIVIR CON DIABETES(FUVIDA	22,62	0:35	09:55	10:35	2:35	0 1000
4	CENTRO DE REHABILITACION UN NUEVO AMANECER	30,25	0:47	10:47	11:27	3:27	0 500
5	CENTRO DE REHABILITACION SEMBRADORES DE VIDA	169,09	2:41	13:21	14:01	6:01	0 0
6	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	299,19	4:25	15:45		7:45	0 0
7							

Vehicle: V2 (T2)		Stops: 6 Net profit:					
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected
0	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	0,00	0:00		08:00	0:00	0 2500
1	CENTRO MEDICO MARIANA DE JESUS	5,99	0:13	08:13	08:53	0:53	0 2000
2	ASOCIACION COMUNITARIA HILARTE	23,00	0:37	09:17	09:57	1:57	0 1500
3	ASOCIACION AFROECUATORIANA MUJERES DE LUCHA	26,17	0:47	10:07	10:47	2:47	0 1000
4	ASOCIACION IMPULSANDO EL DESARROLLO SOCIAL	35,01	1:06	11:06	11:46	3:46	0 500
5	CENTRO EVANGELISTICO MISIONERO APOCALIPSIS	41,66	1:20	12:00	12:40	4:40	0 0
6	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	57,92	1:35	12:55		4:55	0 0
7							
8							

Ilustración 2.12: Resultados segundo escenario

Para el segundo escenario se realizaron cambios respecto al número de vehículos, considerado 2 vehículos ahora de 2.5 toneladas y 5 toneladas de capacidad respectivamente. El tiempo de servicio aumentó a un tiempo estandarizado de 40 minutos, y se redujo el tiempo disponible de trabajo a 5, por lo cual; los vehículos solo pueden trabajar hasta la 1 p.m.; y por último la cantidad a entregar a ubicación aumentó a 500 kg. Los resultados del segundo escenario muestran una sección marcada en rojo respecto como se puede observar en la Ilustración 2.12. Esto se debe a que la solución mostrada no cumple con todas las restricciones ya que el primer vehículo no puede completar su recorrido a tiempo debido a la corta disponibilidad de tiempo de trabajo, sin

embargo; el programa igual muestra la mejor solución encontrada considerando esta inviabilidad.

Total net profit:		0,00						
Warning: Last solution returned by the solver does not satisfy all constraints.								
Vehicle:	V1	Stops:	13		Net profit:	0,00		
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	0,00	0:00		08:00	0:00	0	2300
1	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	8,65	0:13	08:13	08:33	0:33	0	1900
2	FUNDACION APRENDIENDO A VIVIR CON DIABETES(FUVIDA)	18,56	0:27	08:47	09:07	1:07	0	1800
3	CENTRO DE REHABILITACION UN NUEVO AMANECER	26,19	0:39	09:19	09:59	1:59	0	1000
4	CENTRO MEDICO MARIANA DE JESUS	33,96	0:54	10:14	10:54	2:54	0	0
5	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	41,50	1:10	11:10	11:10	3:10	0	2500
6	ASVOLH EN EL ALBERGUE	52,06	1:26	11:26	12:06	4:06	0	1900
7	ASOCIACION IMPULSANDO EL DESARROLLO SOCIAL	64,87	1:50	12:30	12:50	4:50	0	1400
8	CENTRO EVANGELISTICO MISIONERO APOCALIPSIS	71,53	2:04	13:04	13:44	5:44	0	500
9	ASOCIACION AFROECUATORIANA MUJERES DE LUCHA	74,60	2:14	13:54	14:14	6:14	0	300
10	ASOCIACION COMUNITARIA HILARTE	77,80	2:24	14:24	14:44	6:44	0	0
11	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	89,20	2:39	14:59	14:59	6:59	0	700
12	CENTRO DE REHABILITACION SEMBRADORES DE VIDA	220,37	4:26	16:46	17:26	9:26	0	0
13	BANCO DE ALIMENTOS DIAKONIA	350,47	6:10	19:10		11:10	0	0
14								

Ilustración 2.13: Resultados tercer escenario

Para el tercer y último escenario se tomaron parámetros parecidos al primer escenario. Se mantuvo las mismas ubicaciones y un único vehículo de 2.5 toneladas, pero, los tiempos de servicio y la cantidad de entrega son variadas y se dio la opción de que el vehículo pueda regresar más de una vez al depósito inicial. Como se puede observar los resultados en la Ilustración 2.13; el vehículo regresa al depósito más de una vez. Esto se debe a que el vehículo no posee la capacidad suficiente para abarcar todas las ubicaciones en un solo viaje, por lo cual; necesita regresar al banco de alimentos para poder recargar. También se puede observar que igual como en el escenario 2 no es capaz de completar la ruta a tiempo, pero de igual forma muestra una solución.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Una vez determinada el diseño y validación del modelo con su funcionamiento frente a diferentes escenarios de prueba, se procedió a recrear el trazado de rutas para cada zona con el fin analizar cómo se hubiera procedido a atender la emergencia sanitaria en caso de que el Banco de alimentos contara con esta herramienta.

Para la realización de esta prueba, se tomaron en cuenta, junto con la coordinadora general, ciertas condiciones. Entre ellas:

- A cada fundación se le hará una entrega de 50 kits alimenticios
- La jornada laboral será de 12 horas (8:00 a.m. a 20:00 p.m.)
- El tiempo de servicio para cada fundación será de 20 min
- Se respetarán los tiempos que se demorara el camión de ir de una fundación a otra.

Bajo estas condiciones se procedió a correr el programa con el fin de aprovechar al máximo los recursos donados al banco de alimentos como, camiones de diferentes capacidades, tal como se muestra en la Tabla 3.1, y personal para las entregas.

Tabla 3.1: Camiones disponibles

Camiones	Capacidades (kits)
Camión Militar Grande	1000
Camión Militar Mediano	480
Camión Créditos Económicos	480
Camión Créditos Económicos	480

Se corrió el programa utilizando los parámetros previamente establecidos para el trazado de la ruta óptima por sector con el fin de asignar un camión a cada sector y de esta manera poder responder a la emergencia de forma más eficaz.

Total net profit:		0,00						
Vehicle: V1		Stops: 15		Net profit: 0,00				
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	100
1	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL SALESIANA SAN JUAN BOSCO	8,42	0:18	08:18	08:38	0:38	0	50
2	FUNDACION TACITA CALIENTE	8,90	0:21	08:41	09:01	1:01	0	0
3	Banco de alimentos	22,24	0:40	09:20	09:20	1:20	0	150
4	PARROQUIA SANTISIMO SACRAMENTO (RESA)	32,04	1:01	09:41	10:01	2:01	0	100
5	IGLESIA JESUS IS LORD INTERNATIONAL LA IGLESIA	34,07	1:08	10:08	10:28	2:28	0	50
6	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SAN JOAQUIN Y SANTA ANA	37,94	1:24	10:44	11:04	3:04	0	0
7	Banco de alimentos	49,79	1:46	11:26	11:26	3:26	0	150
8	FUNDACION PADRE DAMIAN	58,95	2:07	11:47	12:07	4:07	0	100
9	FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	62,16	2:15	12:15	12:35	4:35	0	50
10	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	66,20	2:27	12:47	13:07	5:07	0	0
11	Banco de alimentos	80,95	2:50	13:30	13:30	5:30	0	150
12	Parroquia La Ascension del Señor	88,94	3:09	13:49	14:09	6:09	0	100
13	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR COMPLETA CARDENAL RICHARD CUSHING	90,39	3:14	14:14	14:34	6:34	0	50
14	Parroquia San Martín de Porres	90,43	3:14	14:34	14:54	6:54	0	0
15	Banco de alimentos	100,79	3:32	15:12		7:12	0	0
16								

Ilustración 3.1: Ruta óptima para la zona 1

La ruta óptima mostrada en la ilustración 3.1 corresponde a la zona 1 a la cual se le asignó el camión que posee el Banco de Alimentos, cuya capacidad de es 185 kits. Como se puede observar, el programa muestra el orden de los puntos a entregar, así como la cantidad de kits con la que debe partir el camión del Banco de Alimentos, también indica la distancia recorrida, el tiempo de arribo, la hora a la cual se arriba al punto de entrega, el tiempo de trabajo y la cantidad de kits con la que se queda el camión después de cada despacho.

De esta manera se trazan las diferentes rutas para cada zona (8) con su respectivo camión con el fin de aprovechar los recursos al máximo. El horario de entrega y tipo de camión para cada zona se puede observar a continuación en la Tabla 3.2:

Tabla 3.2: Planificación para el despacho de kits alimenticios

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
Zona 1	Camión (185)			
Zona 2	Camión (480)			
Zona 3	Camión (1000-480)			
Zona 4	Camión (480)			
Zona 5		Camión (480)		
Zona 6		Camión (480)		
Zona 7		Camión (480)		
Zona 8		Camión (1000)		
Utilización	100%	80%		

La utilización se la obtuvo con la ecuación 3.1:

$$Utilización = \frac{Camiones\ usados}{Camiones\ disponibles\ (5)} \times 100\% \quad (3.1)$$

La tabla 3.2 indica el tipo de camión que se asignará para el despacho de cada zona, así como el día el cual será entendida. Las rutas por seguir para cada zona estarán adjuntas en la parte de Apéndices.

La siguiente tabla muestra los indicadores respecto a distancias y tiempo para cada zona:

Tabla 3.3: Indicadores para el escenario propuesto

Zonas	Tipo de camión	km recorridos	tiempo de viaje
1	Camión BA	122,81	11:27
2	Donado	65,67	11:15
3	Donado	74,5	14:04
4	Donado	57,76	6:00
5	Donado	55,85	7:09
6	Donado	66,76	5:57
7	Donado	90,49	10:04
8	Donado	95,74	10:57

Una vez obtenidas las rutas óptimas para cada zona, se pueden establecer los costos de transporte asociados a esta operación como se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.4: Costos asociados al transporte

Zonas	Costo de gasolina	Costos sueldo Chofer	Alquiler	Mantenimiento
1	\$ 9,65	\$ 56,25	0	\$ 1,19
2	\$ 5,16	\$ 27,50	\$ 60,00	\$ 0,64
3	\$ 5,85	\$ 35,00	\$ 60,00	\$ 0,72
4	\$ 4,54	\$ 15,00	\$ 60,00	\$ 0,56
5	\$ 4,39	\$ 17,50	\$ 60,00	\$ 0,54
6	\$ 5,25	\$ 15,00	\$ 60,00	\$ 0,65
7	\$ 7,11	\$ 25,00	\$ 60,00	\$ 0,88
8	\$ 7,52	\$ 27,50	\$ 60,00	\$ 0,93
Costos asumidos por el banco	\$ 9,65	\$ 56,25	0	\$ 1,19
Costos ahorrados	\$ 39,82	\$ 162,50	\$ 420,00	\$ 4,93
Total	\$ 49,47	\$ 218,75	\$ 420,00	\$ 6,12

Para los costos se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Un rendimiento promedio de 14 km por galón
- Un costo de \$1.10 el galón de Diesel
- Salario del conductor del Banco de Alimentos de \$750 mensuales
- Costo promedio de alquilar un camión \$60
- Salario del conductor para camiones donados \$400
- Tarifario para costo de mantenimiento (Ver Anexos)

Una vez establecidos los horarios y la asignación de camiones para cada fundación, se pudo realizar una comparativa con respecto a la planificación realizada por el Banco de Alimentos para la atención en el pico más alto de la pandemia (Marzo y Abril).

N°	PARROQUIA	DIRECCION	Zona	NUEVA DISTRIBUCIÓN	Vehiculo	VIAJE FINAL	FECHA DE REALIZACIÓN
1	Parroquia Santa Maria Reina del Carmen	COOP HORIZONTES DEL FORTIN MZ 93 SL 2	Zona 1	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	06/04/2020
62	Parroquia El Bautismo de Jesús	Av. Casuarina a unas 5 cuadras antes del Hospital Monte Sinai	Zona 1	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_2	07/04/2020
32	Parroquia Madre Dolorosa fortin	Bloque uno mz 1638 si 2 atras de mall del fortin	Zona 1	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	06/04/2020
82	Parroquia Unidos por la Paz	Está ubicada en la entrada de la 8, Colinas de la florida, noroeste. Antigua parada de la 112	Zona 1	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	06/04/2020
2	Parroquia Corpus Christi	LOT. COLINAS DEL SOL MZ10 SOLAR 1	Zona 1	100			
20	Caminando JUNTOS por el CAMBIO	Capilla del Pilar	Zona 1	100			
57	Parroquia Nuestra Señora de la FuenSanta	sector flor de Bastión	Zona 1	100			
15	Parroquia San Jose Obrero, noroeste	Flor de Bastión Bloque 6 Al lado del Colegio Fernán Veraz Rojas o Junto a mercado informal del bloque 6	Zona 1	100			
17	Parroquia San Corbiniano	coop Balero Estacion mz 3026 sk 8 esq bloque 3	Zona 1	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	06/04/2020
12	Parroquia Preciosísima Sangre de Nuestro Señor Jesucristo	flor de bastion bloque 9 coop las delicias. Entrando por la Bramha hasta la ladrillera subiendo por la Panaderia Colombianos	Zona 1	120	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	06/04/2020
70	Parroquia San Juan Pablo II	Coop. Nueva Prosperina (a media cuadra de la estación de la línea 116)	Zona 1	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_2	06/04/2020
78	Parroquia San Juan Pablo II	Flor de Bastión, Bloque 12 mz 802 solar 5, loma abajo de la estación de la 8 o la casa de Balero	Zona 1	200	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	07/04/2020
78	Parroquia "SANTA MADRE TERESA DE CALCUTA"	Coop. Sergio Toral 1 etapa MZ. 3489 S.1-16	Zona 1	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_2	07/04/2020
7	Parroquia NS La. Consolata	Coop. El Fortin	Zona 1	100			
55	Parroquia Señor de la Justicia	Colinas de la Florida Mz 439 villa 2 (Antigua entrada de la Línea 112)	Zona 1	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_2	06/04/2020
95	Parroquia Santa Narcisca de Jesus	sector Paraiso de la flor b 7, Mz 353	Zona 1	400	Creditos_Economicos1	VIAJE_3	07/04/2020
56	Parroquia Beato Alvaro del Portillo	En el corazon de Socio Vivienda - Nuevo Ceibos	Zona 1	300	Creditos_Economicos1	VIAJE_3	06/04/2020
81	Parroquia de la Transfiguración	Monte Sinai.	Zona 1	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_2	07/04/2020
19	Caminando JUNTOS por el CAMBIO	Sector Monte sinai	Zona 1	100			

Ilustración 3.2: Planificación para la zona 1 propuesta por el Banco de Alimentos

N°	PARROQUIA	DIRECCION	Zona	NUEVA DISTRIBUCIÓN	Vehiculo	VIAJE FINAL	FECHA DE REALIZACIÓN
3	Parroquia San Juan Bautista	PASCUALES CALLE 8AVA #246 Y AV. PRINCIPAL	Zona 2	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	07/04/2020
8	Parroquia Santiago el Menor	Cooperativa Carlo Magno Andrade. Mz 2331 solar 44.	Zona 2	100	Camion_Militar_1	VIAJE_2	06/04/2020
11	Parroquia Jesucristo Pan de vida	Pre-coop. San Francisco 2. Km 15 *F Vía a Daule, frente a la cárcel la Roca, entrada el Chorrillo, estación de las líneas de buses 143, 3, 4 pascualerías	Zona 2	200	Camion_Militar_1	VIAJE_3	06/04/2020
30	Parroquia Jesús el Buen Pastor	Las Orquídeas, Mz. 1037 villa 49	Zona 2	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_2	07/04/2020
26	Caminando JUNTOS por el CAMBIO	sector coop. adedac y coop Juan Montalvo	Zona 2	120	Camion_Militar_1	VIAJE_1	06/04/2020
27	Caminando JUNTOS por el CAMBIO	Sector pueblo y su reino	Zona 2	100	Camion_Militar_1	VIAJE_1	06/04/2020
31	Santa María madre de Guayaquil	Mucho lote 1 etapa V macrolote 2583	Zona 2	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_1	07/04/2020
16	Parroquia Nuestra Señora de la Nube	la Iglesia Beata Mercedes de Jesús, Cruz del Papa, Samanes 5	Zona 2	100	Creditos_Economicos1	VIAJE_2	06/04/2020
44	Centro Pastoral Gianna Beretta	Mz 1039 Solar 63.	Zona 2	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_1	07/04/2020
79	Monasterio Nstra. Sra. Del Buen Remedio.	Orquídeas. A la altura del super AKI. Al frente está el monumento de la Orquídea	Zona 2	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_2	07/04/2020
66	Parroquia San Lucas	Mucho lote 1 3era etapa. Mz2447 Solar 2	Zona 2	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_2	07/04/2020
71	Parroquia nuestra Señora del Rosario de Chiquinquirá	Vergeles Mz 324 solar 1, atrás del subcentro.	Zona 2	100	Creditos_Economicos2	VIAJE_1	06/04/2020

Ilustración 3.3: Planificación para la zona 2 propuesta por el Banco de Alimentos

Como se puede observar en las ilustraciones 3.2 y 3.3, el Banco de Alimentos destina diferentes tipos de camiones para atender una misma zona, así como diferentes viajes. De igual manera, se demoran 2 días para atender 2 zonas, esto debido a que este proceso se lo realizaba de manera manual, sin ningún tipo de herramienta digital.

De esta forma el Banco de Alimentos perdió eficiencia en cuanto a la capacidad de respuesta con respecto al despacho de kits alimenticios, variable crítica teniendo en cuenta la situación que se vivió en los primeros meses de la pandemia. Así mismo el Banco habría podido aprovechado de mejor forma los recursos que les fueron donados durante la emergencia, como, camiones de diferentes capacidades y personal.

Del mismo modo se realizó una comparación con respecto a cómo el Banco de Alimentos realizaba la zonificación de las diferentes fundaciones con el propósito de

proponer otra forma de realizar dicha zonificación y tener un mejor control respecto a la ubicación de las fundaciones.

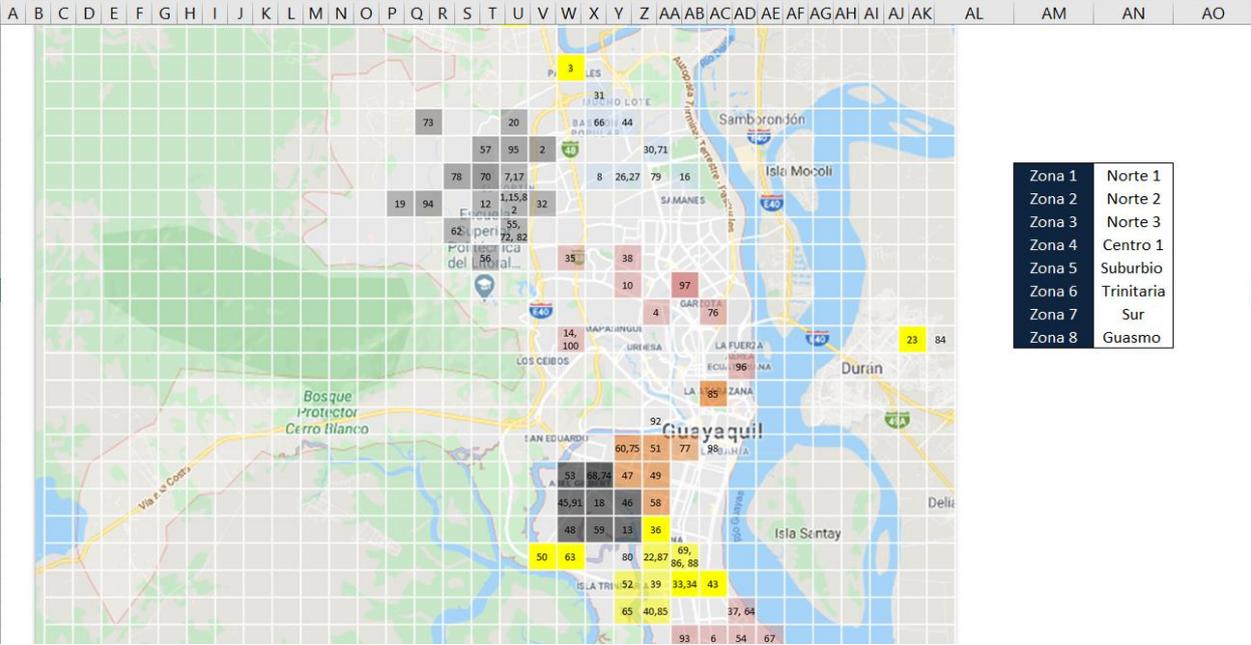


Ilustración 3.4: Zonificación realizada por el Banco de Alimentos

Como se puede apreciar en la Ilustración 3.4, no hay una distinción clara en cuanto a las diferentes zonas y la asignación de fundaciones no se puede apreciar de manera clara.

Mediante el uso de la herramienta de Google Maps se creó un mapa con diferentes capas las cuales contienen la sectorización y las ubicaciones de las entregas. De esta manera se puede visualizar más fácilmente la sectorización, agregar etiquetas según el tipo de fundación, y agregar o quitar fundaciones según sea el caso. Esto se evidencia en la siguiente Ilustración:

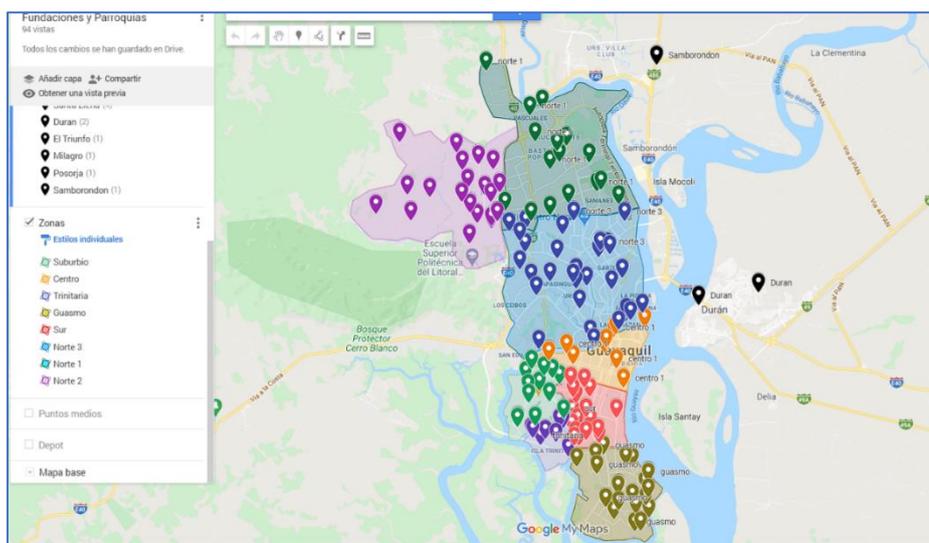


Ilustración 3.5: Zonificación propuesta

En la ilustración 3.5 se muestra el mapa en el cual se pueda observar 8 zonas distintas graficadas, así como las fundaciones y parroquias que pertenecen dentro de esa área, diferenciadas por un color. Estas zonas pertenecen a la ciudad de Guayaquil.

CAPITULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Este proyecto tenía como fin diseñar un modelo de ruteo que permita conocer la ruta óptima que debe seguir el camión para el despacho de kits alimenticios a las diferentes fundaciones o parroquias, según lo requieran. A continuación, se listan las conclusiones del proyecto:

- Se diseñó un modelo de optimización de rutas, que inician desde el Banco de Alimentos hacia los diferentes puntos de entrega para atender a las 146 fundaciones ubicadas en Guayaquil es de 2 días, considerando las condiciones explicadas en este documento.
- Se desarrolló una herramienta para el uso del modelo, con una interfaz amigable con el usuario, de manera que pueda ser usada por cualquier colaborador del Banco de Alimentos.
- A través del programa proporcionado, el Banco de Alimentos puede aprovechar de manera más eficiente los diferentes recursos que le son donados por instituciones públicas y privadas.

4.2 Recomendaciones

- Previo a la utilización del software, revisar el manual y video tutorial entregados al Banco de Alimentos, para evitar contratiempos por una mala configuración inicial de la herramienta.
- Pese a que el programa indique la ruta óptima, se recomienda la interpretación de los resultados durante el proceso de toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

Erdoğan, G. (2017). An open source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems. *Computers & Operations Research*, 84, 62-72. doi:10.1016/j.cor.2017.02.022.

Gianpaolo Ghiani, G. L. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management*. John Wiley & Sons, Ltd.

Goetschalckx, M. (2011). *Supply Chain Engineering*.

Humberto Gutiérrez Pulido, R. d. (2009). *Control Estadístico y calidad para Seis Sigma*. Guadalajara.

Michael L. George, J. M. (2004). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Quality and Speed*. McGraw Hill Professional.

APÉNDICES

Ruta óptima para el despacho de kits alimenticios por zonas

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	100
1	FUNDACION CLEMENCIA	3,12	0:08	08:08	08:28	0:28	0	50
2	Parroquia Preciosísima Sangre de Nuestro Señor Jesucristo	5,77	0:16	08:36	08:56	0:56	0	0
3	Banco de alimentos	12,92	0:37	09:17	09:17	1:17	0	150
4	ESCUELA PARTICULAR N° 196 BARTOLOME GARELLI	22,77	0:57	09:37	09:57	1:57	0	100
5	Parroquia Jesús el Buen Pastor	26,08	1:08	10:08	10:28	2:28	0	50
6	Parroquia nuestra Señora del Rosario de Chiquinquirá	28,61	1:18	10:38	10:58	2:58	0	0
7	Banco de alimentos	40,11	1:47	11:27	11:27	3:27	0	150
8	PARROQUIA BASTION DE MARIA	46,89	2:08	11:48	12:08	4:08	0	100
9	Santa María madre de Guayaquil	48,17	2:15	12:15	12:35	4:35	0	50
10	Parroquia San Lucas	48,84	2:18	12:38	12:58	4:58	0	0
11	Banco de alimentos	57,73	2:46	13:26	13:26	5:26	0	150
12	FUNDACION DE ASISTENCIA SOCIAL DEL ECUADOR SOFI Y DAN	66,83	3:14	13:54	14:14	6:14	0	100
13	Parroquia Nuestra Señora de la Nube Samanes	68,76	3:21	14:21	14:41	6:41	0	50
14	FUNDACION APRENDIENDO A VIVIR CON DIABETES(FUVIDA)	69,39	3:24	14:44	15:04	7:04	0	0
15	Banco de alimentos	78,65	3:52	15:32	15:32	7:32	0	150
16	PARROQUIA SANTIAGO EL MENOR	84,61	4:12	15:52	16:12	8:12	0	100
17	Parroquia Ángel de la Guarda	86,54	4:19	16:19	16:39	8:39	0	50
18	Parroquia Corpus Christi	87,80	4:23	16:43	17:03	9:03	0	0
19	Banco de alimentos	91,24	4:34	17:14	17:14	9:14	0	150
20	CENTRO DE REHABILITACION UN NUEVO AMANECER	101,41	4:54	17:34	17:54	9:54	0	100
21	Parroquia San Juan Bautista	102,41	4:58	17:58	18:18	10:18	0	50
22	Parroquia Jesucristo Pan de vida	108,44	5:17	18:37	18:57	10:57	0	0
23	Banco de alimentos	122,81	5:47	19:27		11:27	0	0

Zona 1 – Camión (185)

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	450
1	Parroquia El Bautismo de Jesús	8,83	0:23	08:23	08:43	0:43	0	400
2	Parroquia de la Transfiguración	11,76	0:35	08:55	09:15	1:15	0	350
3	Fundación Nausan	14,83	0:47	09:27	09:47	1:47	0	300
4	Parroquia "SANTA MADRE TERESA DE CALCUTA"	16,88	0:56	09:56	10:16	2:16	0	250
5	CENTRO MEDICO MARIANA DE JESUS	20,11	1:10	10:30	10:50	2:50	0	200
6	Parroquia San Jose Obrero, noroeste	20,16	1:10	10:50	11:10	3:10	0	150
7	COLEGIO PARTICULAR MIXTO SAGRADA FAMILIA DE NAZARET	21,18	1:15	11:15	11:35	3:35	0	100
8	IGLESIA DEL NAZARENO "MONTE SINAI"	22,15	1:21	11:41	12:01	4:01	0	50
9	PARROQUIA BEATO ÁLVARO DEL PORTILLO	23,51	1:26	12:06	12:26	4:26	0	0
10	Banco de alimentos	28,70	1:45	12:45	12:45	4:45	0	450
11	Parroquia NS La. Consolata	33,13	1:59	12:59	13:19	5:19	0	400
12	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR LA CONSOLATA	33,88	2:03	13:23	13:43	5:43	0	350
13	FUNDACION ESTRELLITA DE MAR	35,19	2:10	13:50	14:10	6:10	0	300
14	Parroquia San Juan Pablo II	36,57	2:17	14:17	14:37	6:37	0	250
15	Parroquia San Arnoldo	41,65	2:36	14:56	15:16	7:16	0	200
16	Parroquia San Corbiniano	45,38	2:49	15:29	15:49	7:49	0	150
17	PARROQUIA NUESTRA SEÑORA DE LA FUENSANTA	46,92	2:57	15:57	16:17	8:17	0	100
18	Parroquia Santa Narcisca de Jesus	47,92	3:03	16:23	16:43	8:43	0	50
19	Parroquia Madre Dolorosa fortin	50,40	3:10	16:50	17:10	9:10	0	0
20	Banco de alimentos	56,42	3:25	17:25	17:25	9:25	0	200
21	Parroquia Unidos por la Paz	60,41	3:37	17:37	17:57	9:57	0	150
22	Parroquia Señor de la Justicia	60,46	3:37	17:57	18:17	10:17	0	100
23	Parroquia Santa María Reina del Carmen	60,96	3:39	18:19	18:39	10:39	0	50
24	FUNDACION SONRISA NARANJA	61,20	3:41	18:41	19:01	11:01	0	0
25	Banco de alimentos	65,67	3:55	19:15		11:15	0	0

Zona 2 – Camión (480)

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	950
1	Parroquia Padre Eterno	3,77	0:14	08:14	08:34	0:34	0	900
2	PARROQUIA NUESTRA SEÑORA DE LORETO	5,16	0:21	08:41	09:01	1:01	0	850
3	FUNDACION DIOS ABRE BRECHA Y CAMINO	9,28	0:35	09:15	09:35	1:35	0	800
4	UNIDAD EDUCATIVA NUESTRA MADRE DE LA ALBORADA	12,33	0:46	09:46	10:06	2:06	0	750
5	Parroquia San Miguel Arcangel	12,64	0:47	10:07	10:27	2:27	0	700
6	San Juan Pablo II Parroquia Niña María	15,08	0:56	10:36	10:56	2:56	0	650
7	NIÑOS CON FUTURO	18,18	1:04	11:04	11:24	3:24	0	600
8	Hogar de Cristo	21,26	1:14	11:34	11:54	3:54	0	550
9	FUNDACION CASA RONALD MCDONALD DE ECUADOR	22,43	1:18	11:58	12:18	4:18	0	500
10	PARROQUIA SEÑOR DE LA BUENA ESPERANZA	22,95	1:21	12:21	12:41	4:41	0	450
11	ASVOLH EN EL ALBERGUE	23,21	1:22	12:42	13:02	5:02	0	400
12	FUNDACION YERBABUENA	23,96	1:26	13:06	13:26	5:26	0	350
13	FUNDACION PROLABORE DEI	27,32	1:36	13:36	13:56	5:56	0	300
14	Vicaria Centro - Parroquia Cristo Liberador	27,88	1:39	13:59	14:19	6:19	0	250
15	IGLESIA APAHIES	31,32	1:47	14:27	14:47	6:47	0	200
16	FUNDACION SER FELIZ	38,32	2:04	15:04	15:24	7:24	0	150
17	IGLESIA CRISTIANA PLENITUD DE DIOS	39,29	2:08	15:28	15:48	7:48	0	100
18	Parroquia Maria Guardiania de la Fe	39,95	2:11	15:51	16:11	8:11	0	50
19	UNIDAD EDUCATIVA SAN FRANCISCO JAVIER	41,91	2:20	16:20	16:40	8:40	0	0
20	Banco de alimentos	45,63	2:32	16:52		8:52	0	0

Zona 3 – Camión (1000)

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	200
1	IGLESIA APOSTOLICA EN EL NOMBRE DE JESUS	0,76	0:02	08:02	08:22	0:22	0	150
2	IGLESIA PARROQUIAL NUESTRA SEÑORA DE LOS REMEDIOS	2,33	0:09	08:29	08:49	0:49	0	100
3	IGLESIA PARROQUIAL SANTO TOMAS DE AQUINO	3,37	0:14	08:54	09:14	1:14	0	50
4	Parroquia Santa Catalina de Siena	5,07	0:22	09:22	09:42	1:42	0	0
5	Banco de alimentos	6,22	0:29	09:49	09:49	1:49	0	450
6	LOS CHAVITOS	7,15	0:35	09:55	10:15	2:15	0	400
7	CORPORACION COMPARTIR	8,61	0:42	10:22	10:42	2:42	0	350
8	Hnas. Carmelitas de los Ceibos	10,91	0:50	10:50	11:10	3:10	0	300
9	FUNDACION JUNTAS DE LA MANO	14,79	1:01	11:21	11:41	3:41	0	250
10	FUNDACION UN PRESENTE DIFERENTE	16,75	1:10	11:50	12:10	4:10	0	200
11	FUNDACION NOS NECESITAN ECUADOR	20,04	1:21	12:21	12:41	4:41	0	150
12	PARROQUIA NUESTRA SEÑORA DE LA ALBORADA	21,05	1:26	12:46	13:06	5:06	0	100
13	CARITAS SANTUARIO NUESTRA SEÑORA DE LA ALBORADA	21,05	1:26	13:06	13:26	5:26	0	50
14	Parroquia Santos Joaquín y Santa Ana Cdma. Martha Roldos	25,32	1:39	13:39	13:59	5:59	0	0
15	Banco de alimentos	28,87	1:52	14:12		6:12	0	0
16								

Zona 4 – Camión (480)

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	400
1	UNIDAD EDUCATIVA FISCOMISIONAL SALESIANA SAN JUAN BOSCO	8,42	0:18	08:18	08:38	0:38	0	350
2	FUNDACION TACITA CALIENTE	8,90	0:21	08:41	09:01	1:01	0	300
3	ASOCIACION DE MUJERES ICW-ECUADOR	9,81	0:25	09:05	09:25	1:25	0	250
4	FUNDACION PADRE DAMIAN	11,89	0:30	09:30	09:50	1:50	0	200
5	FUNDACION WILSON GALARZA CAMPOVERDE E HIJOS	15,09	0:39	09:59	10:19	2:19	0	150
6	PARROQUIA SANTISIMO SACRAMENTO (RESA)	20,17	0:53	10:33	10:53	2:53	0	100
7	IGLESIA JESUS IS LORD INTERNATIONAL LA IGLESIA	22,19	1:00	11:00	11:20	3:20	0	50
8	UNIDAD EDUCATIVA PARTICULAR SAN JOAQUIN Y SANTA ANA	26,06	1:15	11:35	11:55	3:55	0	0
9	Banco de alimentos	37,92	1:38	12:18	12:18	4:18	0	150
10	Parroquia La Ascensión del Señor	45,91	1:56	12:36	12:56	4:56	0	100
11	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR COMPLETA CARDENAL RICHARD CUSHING	47,36	2:01	13:01	13:21	5:21	0	50
12	Parroquia San Martín de Porres	47,40	2:01	13:21	13:41	5:41	0	0
13	Banco de alimentos	57,76	2:20	14:00		6:00	0	0
14								

Zona 4 – Camión (480)

Vehicle:	V1	Stops:	16	Net profit:	0,00				
Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load	
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	250	
1	Parroquia Santísima Virgen Salud de los enfermos	9,90	0:23	08:23	08:43	0:43	0	200	
2	FUNDACION LUCHA Y PROGRESO	12,28	0:32	08:52	09:12	1:12	0	150	
3	FUNDACION SIN BARRERAS	12,94	0:35	09:15	09:35	1:35	0	100	
4	Parroquia San Simón Apóstol	13,57	0:37	09:37	09:57	1:57	0	50	
5	Parroquia Cristo Rey.	14,51	0:42	10:02	10:22	2:22	0	0	
6	Banco de alimentos	23,75	0:56	10:36	10:36	2:36	0	450	
7	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR "MONSEÑOR ELIECER N. FIALLO	33,66	1:18	10:58	11:18	3:18	0	400	
8	ASOCIACION COMUNITARIA HILARTE	34,83	1:24	11:24	11:44	3:44	0	350	
9	Parroquia San Vicente Paúl.	35,73	1:28	11:48	12:08	4:08	0	300	
10	Parroquia Nuestra Señora del Divino Amor.	37,28	1:35	12:15	12:35	4:35	0	250	
11	Parroquia San José Carpintero	40,98	1:53	12:53	13:13	5:13	0	200	
12	UNIDAD EDUCATIVA SANTA MARIA	42,43	2:00	13:20	13:40	5:40	0	150	
13	Parroquia Santa Martha.	42,53	2:00	13:40	14:00	6:00	0	100	
14	Vicaría Cristo del Consuela - Parroquia Sagrados Corazones	44,28	2:04	14:04	14:24	6:24	0	50	
15	Parroquia Nuestra Señora de la Caridad del Cobre	45,13	2:07	14:27	14:47	6:47	0	0	
16	Banco de alimentos	55,85	2:29	15:09		7:09	0	0	

Zona 5 – Camión (480)

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	450
1	APINNA ISLA TRINITARIA	15,07	0:21	08:21	08:41	0:41	0	400
2	PARROQUIA SANTA ROSA DE LIMA	17,11	0:29	08:49	09:09	1:09	0	350
3	ESCUELA PARTICULAR SANTA ROSA DE LIMA	17,15	0:29	09:09	09:29	1:29	0	300
4	FUNDACION GRUPO MISIONERO DEL HOGAR DE LA MADRE	17,19	0:29	09:29	09:49	1:49	0	250
5	FUNDACION DE ASISTENCIA SOCIAL ENLACE DE LA ALBORADA	17,30	0:29	09:49	10:09	2:09	0	200
6	MUJERES PROGRESISTAS	19,52	0:40	10:20	10:40	2:40	0	150
7	ASOCIACION DE MUJERES AFROECUATORIANA NIGERIA DEL FUTURO	19,66	0:42	10:42	11:02	3:02	0	100
8	PARROQUIA SAN FRANCISCO DE SALES	20,14	0:44	11:04	11:24	3:24	0	50
9	Parroquia Santa Teresita del Niño Jesús	21,24	0:50	11:30	11:50	3:50	0	0
10	Banco de alimentos	36,24	1:11	12:11	12:11	4:11	0	150
11	FUNDACION KAIROS	52,40	1:36	12:36	12:56	4:56	0	100
12	PARROQUIA SAN JERONIMO EMILIANI	53,22	1:40	13:00	13:20	5:20	0	50
13	EL BUEN PASTOR	53,34	1:40	13:20	13:40	5:40	0	0
14	Banco de alimentos	66,76	1:57	13:57		5:57	0	0
15								

Zona 6 – Camión (480)

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	50
1	Parroquia Nuestra Señora de la Elevación	10,17	0:23	08:23	08:43	0:43	0	0
2	Banco de alimentos	22,68	0:47	09:07	09:07	1:07	0	450
3	FUNDACION BENDECIDOS POR SU GRACIA	32,95	1:12	09:32	09:52	1:52	0	400
4	ASOCIACION AFROECUATORIANA MUJERES DE LUCHA	34,81	1:21	10:01	10:21	2:21	0	350
5	Centro Pastoral Gianna Beretta	35,77	1:25	10:25	10:45	2:45	0	300
6	FUNDACION DE BIENESTAR SOCIAL CRISTO POR LOS NIÑOS	36,73	1:31	10:51	11:11	3:11	0	250
7	FUNDACION EL BUEN SAMARITANO	37,33	1:33	11:13	11:33	3:33	0	200
8	Fundación Arquidiocesana Nueva Vida en el sector las Malvinas	37,93	1:38	11:38	11:58	3:58	0	150
9	Vicaría Sur Stella Maris, Parroquia San José de las Malvinas	38,56	1:40	12:00	12:20	4:20	0	100
10	CENTRO EVANGELISTICO MISIONERO APOCALIPSIS	39,32	1:45	12:25	12:45	4:45	0	50
11	Parroquia San Luis Gonzaga	39,57	1:46	12:46	13:06	5:06	0	0
12	Banco de alimentos	55,60	2:06	13:26	13:26	5:26	0	450
13	Parroquia Espíritu Santo.	65,97	2:32	13:52	14:12	6:12	0	400
14	BENEMERITA SOCIEDAD PROTECTORA DE LA INFANCIA	66,72	2:36	14:16	14:36	6:36	0	350
15	FUNDACION REMAR ECUADOR	69,39	2:46	14:46	15:06	7:06	0	300
16	UNIDAD EDUCATIVA DOLORS SOPEÑA	72,45	2:55	15:15	15:35	7:35	0	250
17	Nuestra Madre de Nazareth	72,91	2:57	15:37	15:57	7:57	0	200
18	Parroquia Nuestra Señora de la Paz.	73,49	3:00	16:00	16:20	8:20	0	150
19	ESCUELA DE EDUCACION BASICA PARTICULAR SAN ESTEBAN DIACONO	74,63	3:04	16:24	16:44	8:44	0	100
20	Parroquia Nuestra Señora De La Encarnación	77,03	3:16	16:56	17:16	9:16	0	50
21	Parroquia Nuestra Señora de Guadalupe	77,51	3:18	17:18	17:38	9:38	0	0
22	Banco de alimentos	90,49	3:44	18:04		10:04	0	0

Zona 7 – Camión (480)

Stop count	Location name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	Banco de alimentos	0,00	0:00		08:00	0:00	0	1000
1	Parroquia San Eduardo	20,77	0:35	08:35	08:55	0:55	0	950
2	Parroquia Madre de Dios	21,38	0:37	08:57	09:17	1:17	0	900
3	CORPORACION SAGRADOS CORAZONES HIJAS DE JESUS Y MARIA	22,87	0:44	09:24	09:44	1:44	0	850
4	Parroquia San Bernardino de Siena	22,89	0:44	09:44	10:04	2:04	0	800
5	FUNDACION HUANCAVILCA	23,53	0:49	10:09	10:29	2:29	0	750
6	Parroquia San Daniel Comboni	24,08	0:51	10:31	10:51	2:51	0	700
7	ASOCIACION IMPULSANDO EL DESARROLLO SOCIAL	25,90	1:03	11:03	11:23	3:23	0	650
8	Parroquia santa Marianita de Jesús	26,01	1:04	11:24	11:44	3:44	0	600
9	CONGREGACION RELIGIOSA DE ESCLAVAS DEL SAGRADO CORAZON DE JESUS	27,78	1:12	11:52	12:12	4:12	0	550
10	Parroquia Santo Hermano Miguel	28,67	1:17	12:17	12:37	4:37	0	500
11	ESCUELA FISCOMISIONAL NO. 222 HUAYNA CAPAC	29,13	1:19	12:39	12:59	4:59	0	450
12	PARROQUIA NUESTRA SEÑORA DE LA ENCARNACION	30,53	1:26	13:06	13:26	5:26	0	400
13	El Hogar Teresa de Calcuta	31,24	1:31	13:31	13:51	5:51	0	350
14	Parroquia Nuestra Señora del Quinche	32,43	1:38	13:58	14:18	6:18	0	300
15	Parroquia San Pío de Pietrelcina	33,20	1:42	14:22	14:42	6:42	0	250
16	Parroquia María Stella Maris	34,27	1:47	14:47	15:07	7:07	0	200
17	ESCUELA NUESTRA SEÑORA DEL SAGRADO CORAZON (VISITACION)	35,60	1:52	15:12	15:32	7:32	0	150
18	Parroquia San Juan de la Cruz	35,77	1:53	15:33	15:53	7:53	0	100
19	Parroquia Santa Isabel de Hungría	37,89	2:01	16:01	16:21	8:21	0	50
20	Vicaría episcopal sur. Stella Maris.	39,32	2:08	16:28	16:48	8:48	0	0
21	Banco de alimentos Diakonia	57,82	2:38	17:18	17:18	9:18	0	100
22	IGLESIA NAZARENO"LOS ESTEROS"	76,95	3:06	17:46	18:06	10:06	0	50
23	Parroquia San Juan Bautista (Esteros)	77,88	3:10	18:10	18:30	10:30	0	0
24	Banco de alimentos	95,74	3:37	18:57		10:57	0	0

Zona 8 – Camión (1000)

Costos de mantenimiento del camión del Banco de Alimentos

Mantenimiento				
Items	Precio Unitario	Rendimiento (km)	Cantidad	Costo por Km
Aceite de motor	\$ 8,43	5000	1	\$ 0,00169
Aceite de caja y corona	\$ 40,00	40000	1	\$ 0,00100
Filtro de aceite	\$ 5,37	5000	1	\$ 0,00107
Filtro de combustible	\$ 5,37	10000	1	\$ 0,00054
Filtro de aire	\$ 12,13	40000	1	\$ 0,00030
Bateria	\$ 110,00	37000	1	\$ 0,00297
Refrigerante	\$ 5,00	30000	1	\$ 0,00017
Pastillas de frenos	\$ 7,50	46000	4	\$ 0,00065
Zapatatas	\$ 5,00	40000	4	\$ 0,00050
Liquido de freno	\$ 10,00	100000	1	\$ 0,00010
Plumas	\$ 22,00	30000	1	\$ 0,00073
Costo de Mantenimiento/Km				\$ 0,00973