

# Diseño de un modelo de ruteo vehicular por días para una óptima distribución de productos para Alimentos Ceta

Sofia Zablah, Estudiante,  
Mendel Nelson, Docente tutor  
Sofia Zablah, UNITEC, Honduras, sofiazablah@unitec.edu,  
Mendel Nelson, Honduras, mendel.nelson@unitec.edu.hn

## II. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

*Abstract– The project was implemented in Alimentos Ceta, a medium-scale business dedicated to producing baking products. This consisted in designing an optimal route using the Traveling Salesman Problem method to minimize the total time spent while making the trips that the designated driver is assigned to. On each trip, the driver must visit several supermarkets to check inventory and register if they need resupplying.*

### I. INTRODUCCIÓN

La investigación de operaciones es una herramienta indispensable para la toma de decisiones. Una de las aplicaciones muy utilizadas es la logística, que es la función encargada de distribuir de manera, eficaz y eficiente productos de una empresa dedicada a cualquier rubro a un costo mínimo sin sacrificar la calidad de la entrega.

La logística de transporte en la actualidad, es un tema de fundamental manejo para las empresas que deben movilizar inventario o que simplemente brindan servicios a domicilio, muchas de estas, por su experiencia trazan la ruta a recorrer, sin embargo, esto no quiere decir que esta sea óptima. Por lo que, en la industria, se han visto obligados a crear métodos del campo de la logística de transporte que garantice una mejor adaptación de recorridos dependiendo del caso en el que se encuentre la empresa.

Existen diferentes métodos aplicables a los problemas de ruteo, dentro de los cuales cabe destacar el Problema del Agente Viajero (TSP), este es un modelo que ayuda a las empresas que desean encontrar la ruta óptima partiendo de un origen inicial, recorriendo cada destino y volviendo al mismo punto de origen. Cuando se trata de encontrar el camino más corto entre un origen y un destino, se puede recurrir a técnicas comúnmente conocidas y utilizadas, resolviéndolo con la ayuda de softwares como SOLVER o WinQSB.

De forma general, los modelos se ajustan de acuerdo con las necesidades de cada empresa, orientado a lo que se dedica. Estas, sobre todo orientadas a la optimización de situaciones vinculadas a las redes de transporte, redes de comunicación, sistema de vuelos de los aeropuertos, redes de conductos y situaciones que puedan representarse mediante una red.

### A. Enunciado del problema

Durante años Alimentos Ceta ha distribuido pan pita entre otros productos a quince supermercados en Tegucigalpa. Para saber si se necesitan sus productos, tienen un operario que revisa todos los supermercados semanalmente. De los quince supermercados, hay seis de alta demanda y nueve de baja demanda, los cuales deben ser visitados tres y dos veces a la semana respectivamente.

El camión parte de Alimentos Ceta de lunes a sábado a las 7:00 am y debe regresar alrededor de las 12:00pm. Sin embargo, los recorridos son realizados en base a la experiencia automovilística del motorista, no necesariamente porque la ruta por la que pase, sea aquella que garantice el menor tiempo de viaje.

Debido a lo mencionado anteriormente, se busca encontrar una ruta para cada día (lunes a sábado) que cumpla con todas las condiciones y minimice el tiempo total de viaje durante la semana, asimismo se quiere evitar visitar un supermercado en días consecutivos.

### B. Formulación del problema

El problema que se busca resolver es la creación de un calendario de visitas para una distribuidora. Se busca encontrar una serie de rutas que visiten todos los destinos la cantidad requerida de veces, ya establecida por la empresa, a lo largo de una semana, minimizando el tiempo de viaje.

### C. Objetivos del Proyecto

#### a. Objetivo general

Mejorar el calendario de visitas del camión de revisión de Alimentos Ceta.

#### b. Objetivos Específicos

Encontrar las rutas que tomen el menor tiempo de viaje a lo largo de la semana para el camión de revisión.

Diseñar un modelo matemático para encontrar un patrón de rutas óptimo.

### III. METODOLOGÍA

#### A. Congruencia Metodológica

##### a. Consideraciones Generales

En esta sección se describirá la manera en que se alcanzarán los objetivos propuestos en el trabajo de investigación de la ruta óptima. Vale la pena mencionar que en este estudio se pretende explorar la factibilidad de la minimización de tiempo de recorridos según el modelo propuesto a realizar por medio de modelos matemáticos aplicados a modelos de transporte, en la ciudad de Tegucigalpa.

#### B. Diseño De Investigación

##### a. Selección De Rutas

Para la recolección de tiempos de recorrido se cronometrará el tiempo que toma de salir de un origen hasta llegar al destino, de la ruta que sigue el operario actualmente. Para que el grupo escoja una mejor ruta, se establecerán grafos de recorridos para que estas sean las rutas a transitar. Siendo única cada una de las rutas para obtener una toma de tiempos reales, ya que se cronometrará el tiempo por cada ruta y día.

#### C. Sistema de Recolección de Toma de Tiempos

##### a. Tiempos de recorrido

Los tiempos de recorridos serán recolectados en un formato de Excel que especificará el día y tendrá una matriz que contendrá tanto los destinos como los orígenes de donde se partirá.

##### b. Tiempos de estadía

Para la recolección de los datos de estadía se le pedirá al motorista que completar otra matriz que contendrá cada uno de los supermercados y los diferentes días de recolección que en total serán seis días diferentes. Para dicha recolección se le especificará que cronometrará desde que comienza a buscar parqueo hasta que realiza la inspección de los productos para su respectivo reabastecimiento y regresa nuevamente al vehículo.

Para completar dicha tabla el motorista deberá dedicar tres semanas para la recolección de los tiempos de los supermercados cuya demanda es baja y dos semanas a aquellos que tienen demanda alta.

##### c. Tiempos Completos

La tabla de toma de tiempos completa es aquella que tendrá tanto los tiempos de recorridos como los de estadía, siendo así la tabla resumen de la suma de los tiempos cronometrados.

#### D. Procedimiento

La investigación se divide en cinco partes, siendo la primera etapa, definir la ruta inicial de referencia para la toma de tiempos, siendo esta la ruta actual que toma el operario, la cual será cronometrada.

Como segundo paso, se transará la ruta que asegure un tiempo menor de trasladarse de un origen hacia un destino según Google Maps para tomarlo como ruta guía a seguir para la recolección de los tiempos de recorrido, como los de estadía dados por el operario designado.

La formulación del modelo matemático, sería la tercera parte a completar, la que consiste en definir el problema de la empresa a relaciones matemáticas empleando el modelo aplicado. Como cuarta etapa se mostrará la solución del modelo matemático, para ello se tendría que conocer todas las necesidades de la empresa para poder determinar cómo poder crear un modelo que se ajustara a ellas.

Como quinta y última etapa, se procederá a la recopilación y análisis de los resultados de la tabla obtenida según Solver. Esta selección, está diseñada para que sea la óptima por cada día según el tráfico vehicular en Tegucigalpa y las zonas que transita el motorista. Para así obtener la ruta más corta en base a los datos encontrados y reajustar el calendario de visitas de Alimentos Ceta.

#### E. Limitantes Del Estudio

##### a. Variaciones Por Trafico

Las variaciones de tiempo a considerar son afectadas por diversos factores ya que en que día a día el tráfico vial es variable. A continuación, se mencionarán algunas de las razones:

Por Construcciones- Como bien se sabe, la ciudad de Tegucigalpa ha estado sometida a constantes cambios en cuanto a sus calles. Ampliaciones de tramos, reparaciones de carretera, reubicaciones de tuberías, construcciones de túneles y pasos a desnivel, lo cuales son algunos de los cambios en los cuales el estado ha estado invirtiéndole influyen de forma directa en el tráfico vial de la ciudad.

Por Accidentes Automovilísticos- Otra razón por la cual la circulación de automóviles se mira afectada es por los múltiples accidentes automovilísticos, los cuales se ven con frecuencia, especialmente los denominados “levantones” de los motociclistas. Estos accidentes crean una dificultad para que los otros carros sigan su camino, además de también llamar la atención de muchos conductores que intentan ver lo que ha pasado.

Por huelgas y días feriados- También se debería de tener en consideración que se puede crear una deformación del nivel normal de tráfico en la ciudad por los días en los que hay huelgas. esto hace que la circulación de vehículos sea mucho más lenta. En cuanto a los días feriados se puede notar que la tendencia es que hay muchos menos carros en circulación debido a que las personas se quedan en sus casas o bien también no siguen un horario típico.

b. Otras Variaciones

Por la cantidad de datos requeridos para el estudio- En este la recolección de datos es clave tener el cuidado de seguir una ruta determinada entre nodo y nodo para así hacer que la variación disminuyera. Pero es posible que la cantidad de tiempos requerido para la toma de datos tuviera que ser mucho mayor a las 3 semanas que dedicamos a esta actividad en específico.

Por velocidad- Esta claro que los tiempos de recorrido son afectados por la velocidad del conductor. Esto específicamente cuando las calles están relativamente libres y se puede tener control sobre esto. Ya que los datos tomados fueron distribuidos proporcionalmente entre los miembros del equipo, es necesario tomar en cuenta las diferencias que se tienen al momento de conducir.

IV. PLANTEAMIENTO DEL MODELO MATEMÁTICO

A. Diccionario de Variables

Xij: Variable binaria que indica si se utilizará la ruta que lleva del nodo i al nodo j.

B. Función Objetivo General

El modelo TSP a seguir se define mediante el número de supermercados n y la matriz de tiempos 'Tij' de recorridos. La definición de un recorrido prohíbe conectar un supermercado a sí mismo. El modelo a analizar es asimétrico ya que pueden no existir caminos en ambas direcciones o los tiempos pueden ser diferentes, formando un grafo dirigido.

Minimizar la distancia total a recorrer por día, para Alimentos Ceta.

MIN.

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Tij * Xij$$

para todo j = 1, 2, ..., n y i = 1, 2, ..., n

C. Restricciones Generales

$$(1) \sum_{j=1}^n Xij = 1, \text{ para } i = 1, 2, 3, 4, \dots, n$$

$$(2) \sum_{i=1}^n Xij = 1, \text{ para } j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$$

$$(3) x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{si se llega al supermercado } i \text{ al supermercado } j \\ 0, & \text{si no se llega al supermercado } i \text{ al supermercado } j \end{cases}$$

(4) la solución forma un viaje redondo por los supermercados.

Cabe mencionar que para cada día hay una función objetivo y restricciones que se acoplan a las especificaciones de los mismos, sin embargo, se conserva el mismo diccionario de variables, lo único que cambia es los diferentes destinos a visitar según la demanda, para dicho día.

V. RESULTADOS Y RECOMENDACIONES ESPERADAS

A. Situación Actual de la Empresa  
a. Destinos

Tabla1. Clasificación de los supermercados según su demanda

	Alta demanda	Baja demanda
1	Colonia No. 1 (Hospital Escuela)	Colonia No. 7 Castaños
2	Colonia No. 2 (Las Torres)	Colonia No.8 Villas del Sol
3	Colonia No. 10 (la hacienda)	Colonia No.5 La Kennedy
4	Walmart (Cascadas)	Yip
5	Paiz (Multiplaza)	Walmart (Sauce)
6	Diprova	Paiz (Proceres)
7		Paiz (Plaza America)
8		Paiz (Kennedy)
9		Mas por menos

B. Calendarización Semanal

Tabla 2. Recorridos semanales de Alimentos Ceta, según la demanda de los supermercados

	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
Colonia No. 1 (Hospital)	x		x		x	
Colonia No. 2 (Las Torres)	x		x			
Colonia No. 10 (la hacienda)		x		x		x
Walmart (Cascadas)		x		x		x
Paiz (Multiplaza)		x		x		x
Diprova	x		x		x	
Colonia No. 7 Castaños		x				x
Colonia No.8 Villas del Sol		x			x	
Colonia No.5 La Kennedy		x			x	
Yip	x		x			
Walmart (Sauce)	x				x	
Paiz (Proceres)			x			x
Paiz Plaza America	x			x		
Paiz (Kennedy)		x			x	
Mas por menos			x			x

C. Tiempos actuales de las rutas por día

En esta sección, se detallará el tiempo que tarda aproximadamente el operario que realiza el recorrido por día, según las rutas que toma, siendo estos uno de los factores a tomar para el análisis comparativo que se realizará al final. Estos se verán expuestos en una matriz que, con los supermercados a visitar según el calendario propuesto por la empresa, del cual realizaron un análisis exhaustivo de la demanda para saber cuáles visitar tres veces por semana o únicamente dos.

#### D. Planteamiento del Problema de Agente Viajero

##### a. Solución Óptima Según Solver

En este apartado, se presentarán las soluciones que brinda Solver para las rutas de cada día de la semana en los que labora *Alimentos Ceta*. Asimismo, estarán las matrices de tiempos completos, es decir con el resumen de la suma de los tiempos de recorridos con los tiempos de estadía, junto con la misma matriz con la solución de la ruta a seguir, aplicando el modelo de transporte TSP.

##### E. Grafo de los Tiempos de Recorrido

Se presentarán las rutas óptimas de forma visual según los tiempos establecidos en la matriz de tiempos de forma detallada, mostrando las rutas y calles a seguir con la ayuda de Google Maps.

Los grafos estarán compuestos por nodos que estarán representados por los círculos y arcos dirigidos que son las líneas que van de un nodo al otro nodo, es decir que tiene un sentido determinado, en otras palabras, que posee un nodo fuente y un nodo destino, siempre tomando en cuenta que el grafo será no simétrico.

##### F. Análisis Comparativo

Se resumirán los resultados encontrados en Solver de la ruta óptima recomendada y se comparará con la ruta actual que toma, con el fin de ver si la empresa realizaba de forma correcta los recorridos y no gastaba más recursos de los necesarios o si sería mejor implementar el proyecto. Esta comparación se representará en porcentaje, siendo este la referencia para saber qué decisión tomar.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este apartado se concluirá acerca de todo el proyecto y se harán las recomendaciones respectivas, para que la realización del proyecto sea aplicable y fácil de comprender.

## REFERENCES

- [1] Arias, F. G. (1998). *Mitos y errores en la elaboracion de tesis y proyectos de investigacion*. Caracas : editorial Episteme .
- [2] ADDIN ZOTERO\_BIBL CSL\_BIBLIOGRAPHY Definición de Variable - Diccionario de Términos técnicos de Internet - Glosario. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from <http://tecnologia.glosario.net/terminos-tecnicos-internet/variable-1688.html>
- [3] Definir y resolver un problema con Solver -. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from <https://support.office.com/es-es/article/Definir-y-resolver-un-problema-con-Solver-9ed03c9f-7caf-4d99-bb6d-078f96d1652c>
- [4] Función objetivo. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from <http://www.encyclopediainfinanciera.com/definicion-funcion-objetivo.html>
- [5] Gestión del tiempo: claves para optimizar el tiempo de trabajo. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from [about:reader?url=http%3A%2F%2Fwww.laboris.net%2Fstatic%2Fca\\_dia\\_optimizar-tiempo.aspx](http://about:reader?url=http%3A%2F%2Fwww.laboris.net%2Fstatic%2Fca_dia_optimizar-tiempo.aspx)
- [6] Información - Google Maps. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from <https://www.google.com/intl/es/maps/about/>
- [7] Mapeo De Rutas. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from <http://mitecnologico.com/Main/MapeoDeRutas>
- [8] Muñoz, E. A. B., & Sotero, J. H. C. (2009). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El Hombre y la Máquina*, (32), 52–67.
- [9] Problema del Agente Viajero - TSP - Ingeniería Industrial. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/problema-del-agente-viajero-tsp/>
- [10] Programación Lineal. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/programaci%C3%B3n-lineal/>
- [11] todo.dvi - capitulo8a.pdf. (n.d.). Retrieved June 11, 2017, from [https://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/gallardo/capitulo8a.pdf](https://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/gallardo/capitulo8a.pdf)