Guía para la elaboración del método del ahorro para la asignación de rutas de una pyme de la zona sur del Estado de Guanajuato

Mariana Martínez López 1, Viviana Guadalupe Vargas Sánchez 2, Yareli Mireles Moreno 3, Dr. Roberto Baeza Serrato 4

Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División de Ingenierías, CIS, Universidad de Guanajuato, Yuriria, Guanajuato, C.P. 38940, México.

Descripción General del proyecto

El objetivo de esta investigación es la aplicación del método del ahorro, para la obtención de rutas óptimas de distribución de una pyme, dedicada a la venta al por menor de bienes de consumo, localizada en el municipio de Yuriria Guanajuato. El método del ahorro consiste en cuatro etapas: determinar la demanda de los clientes, localización geográfica de los clientes, construcción de una matriz de costos utilizando la fórmula de la distancia euclidiana, construcción de matriz de ahorro e identificación de rutas factibles basado en los ahorros y la capacidad del transporte, garantizando la disminución de gastos de reparto. El método se resolvió a través de una hoja de cálculo en Excel, obteniendo como resultado lo siguiente, la ruta número 1 está compuesta por los clientes 3 y 5, la capacidad de esta ruta es de 820 kilogramos, la ruta número 2 está compuesta por los clientes 1, 4 y 7, la capacidad de esta ruta tiene un valor de 981 kilogramos y por último la ruta número 3 está compuesta por los clientes 2 y 6, cuya capacidad es de 810 kilogramos.

Perfil del equipo de trabajo

Estudiante 1: Mariana Martínez López.

Estudiante de la Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca división de ingenierías, departamento de estudios multidisciplinarios, sede Yuriria.

Carrea: Licenciatura en Gestión Empresarial.
Semestre: Concluyo el 8vo semestre de la carrera.

- Obtención del mérito universitario 2018.
- Ponente en el primero foro de logística y manufactura 2019.

Correo: m.martinez.l@ugto.mx

Estudiante 2: Viviana Guadalupe Vargas Sánchez.

Estudiante de la Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca división de ingenierías, departamento de estudios multidisciplinarios, sede Yuriria.

Carrea: Licenciatura en Gestión Empresarial.
Semestre: Concluyo el 8vo semestre de la carrera.

- Ponente en el primero foro de logística y manufactura 2019.
- Participante en el "Seminario Incubación y proceso de redes" 2021

Correo: vg.vargassanchez@ugto.mx

Estudiante 3: Yareli Mireles Moreno

Estudiante de la Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca división de ingenierías, departamento de estudios multidisciplinarios, sede Yuriria.

Carrera: Licenciatura en Gestión Empresarial.
Semestre: Concluyo el 8vo semestre de la carrera.

Ponente en el 2do congreso de tecnologías de los procesos industriales 2018
Ponente en el primer foro de logística y manufactura 2019

Correo: y.mirelesmoreno@ugto.mx

Objetivos por eje

- Objetivo de educación: Diseñar y desarrollar una asignación de rutas por el método del ahorro.
- Objetivo de investigación: Contribuir a la formación integral del alumno.
- Objetivo de comunicación: Desarrollar un artículo científico con el producto obtenido de la investigación.

Resultados esperados de la investigación:

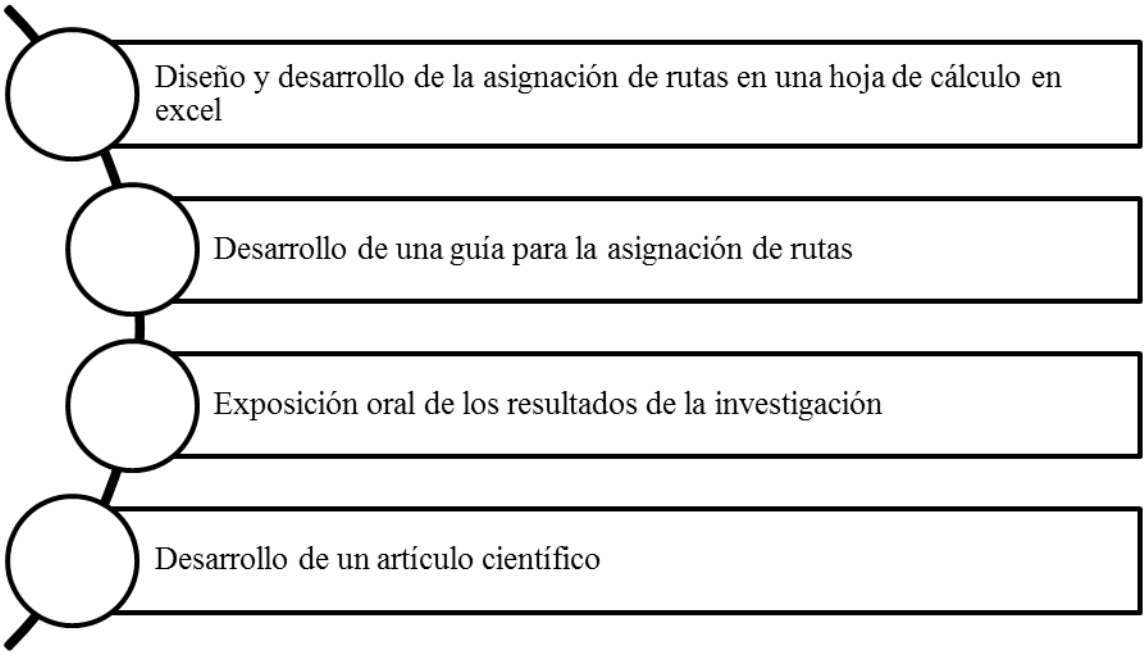


Diagrama 1. Resultados esperados.

Resultados

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) son empresas con características propias y sus dimensiones son establecidas por el país en que radica [1], tienen una relevancia económica considerable para los países. Contribuyen en México con un porcentaje significativo del PIB (37.5%) y con un índice alto de empleos (6 de cada 10) [2]. Las pequeñas y medianas empresas (Pyme) son relevantes porque tienen la función de fortalecer el tejido empresarial, absorben empleo, y dinamizan el mercado interno [3]. Hoy en día es común que los clientes se enfoquen más en la rapidez y

eficienciade la entrega de productos, en este caso el de transporte es un elemento crucial para lograr la satisfacción del cliente, sin embargo, la rapidez de entrega de un producto representa un aumento en el costo de distribución de la empresa por lo que la misma debe de optar por utilizar estrategias operacionales. El método del ahorro permite identificar la asignación de rutas más conveniente para la empresa. El Problema de Ruteo de Vehículos (VRP) en su forma más simple busca resolver la problemática de la distribución de productos y/o servicios, diseñando rutas que atienden la demanda de los clientes dispersos geográficamente desde un depósito utilizando una flota homogénea de vehículos [4] el problema de distribución desde depósitos a usuarios o consumidores juega un papel preponderante en la gestión de algunos sistemas de transporte y su adecuada planificación [5] su objetivo es minimizar el costo de las rutas, cada vehículo sirve una única ruta durante el periodo de planificación, teniendo esta que iniciar y terminar en un depósito central, para servir un conjunto de clientes con demandas conocidas [6]]. La reducción de costos de transporte es de suma importancia y relevancia para todas aquellas empresas que brinden este tipo de servicio ya sea que tenga que ver de manera directa como son las empresas de transporte o de manera indirecta como los supermercados, es así como una Pyme dedicada a la venta al por menor de bienes de consumo desea conocer la forma de poder encontrar las rutas idóneas que le permitan entregar sus productos de una manera eficaz y a un bajo costo. La forma para poder resolver esta interrogante es a través del método.

Una pyme ubicada en el municipio de Yuriria se dedica a la venta al por menor de bienes, esta se encarga de ofrecerle a sus clientes los mejores productos y en ocasiones en pedidos mayores le ofrece el servicio a domicilio.

Paso 1. Recolección de datos de las coordenadas geográficas de la pyme de estudio y de siete de sus principales clientes con la demanda correspondiente

En la tabla 1, se muestra la información recabada en cuanto a la ubicación correspondiente de la empresa y de cada uno de sus clientes, así mismo, se plasma la demanda del consumo por parte de cada uno de ellos convertida en kg, donde la suma del total de la demanda por los siete clientes da un total de 2611 kg. La pyme cuenta con un vehículo que tiene una capacidad máxima de carga de 1000 kg, al conocer el total de la demanda en kg de sus siete clientes y la capacidad de carga en kg del vehículo se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$\frac{Total\ de\ la\ demanda\ de\ los\ clientes}{Capacidad\ de\ carga\ del\ vehículo} = Cantidad\ de\ rutas$$

Ecuación 1. Para obtener la cantidad de rutas

Al realizar la formula correspondiente se obtuvo como resultado que la pyme necesita de tres rutas distintas para poder hacer la distribución efectiva de sus productos a un bajo costo, generando así un ahorro.

Tabla 1. Clientes y coordenadas de estos.

	0	1	2	3	4	5	6	7	
	Bodega	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6	Cliente 7	
Y	20.209705	20.217266	20.210591	20.140577	20.202663	20.043057	20.210387	20.200526	
X	-101.137497	-101.140493	-101.137824	-101.182996	-101.042841	-100.717335	-101.132466	-101.045998	Total
DEM por kg	0	181	290	320	550	500	520	250	2611
Cap. Camioneta por kg	1000								
Cant. de camionetas	3								

Paso 2. Determinación de la matriz de costos

Para la realización de esta matriz, se utiliza la ecuación denominada “distancia euclidiana” la cual nos da la distancia entre dos puntos, la ecuación es la siguiente:

$$Distancia\ eucliadiana = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Ecuación 2. Distancia euclidiana

Donde:
X_2: es la longitud del cliente
X_1: es la longitud de la pyme
y_2: es la latitud del cliente
y_1: es la latitud de la pyme

Al realizar la ecuación correspondiente nos da como resultado la tabla 2 que es la matriz de costos en donde se realizan los cálculos correspondientes de forma horizontal como vertical desde el 0 que representa el lugar de la pyme hasta el 7 que son los principales clientes que tiene la pyme.

En la primer columna se puede observar que hay un valor de 0 lo que significa que no hay distancia ni desplazamiento, posteriormente, para el valor de 0 a 1 es la distancia de ir desde la pyme al cliente 1 mediante la utilización de la ecuación de la distancia euclidiana se calcula la distancia de X_1 que es la longitud del cliente 1 menos X_2 que es la longitud de la pyme, estos resultados se eleva al cuadrado, posteriormente, a ese resultado se le sumo la distancia de Y_1 que es la latitud del cliente 1 menos Y_2 que es la latitud de la pyme, el resultado obtenido se elevó al cuadrado y a la suma de estos dos resultados se le saca la raíz cuadrada arrojando el primer resultado 0.00813294 que es la distancia de la pyme al cliente 1, tal y como se muestra en la tabla 2.

$$Distancia\ euclidiana\ 0\ a\ 1\ = \sqrt{((-101.140493) - (-101.137497))^2 + \big((20.217266) - 20.209705\big)^2}$$
$$= 0.00813294$$

Tabla 2. Matriz de costos

	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0.00813294	0.000944418	0.082757715	0.094917586	0.452004051	0.005077015	0.091958257
1	0.008132941	0	0.007188824	0.087679574	0.098737838	0.457614979	0.010571347	0.09596631
2	0.000944418	0.007188832	0	0.083321485	0.095313291	0.452635218	0.005361882	0.092375963
3	0.082757715	0.087679577	0.083321485	0	0.153290885	0.475762879	0.086178402	0.149540411
4	0.094917586	0.098737834	0.095313291	0.153290885	0	0.362530318	0.089957217	0.003812272
5	0.452004051	0.457614978	0.452635218	0.475762879	0.362530318	0	0.447585831	0.364439094
6	0.005077015	0.010571345	0.005361882	0.086178402	0.089957217	0.447585831	0	0.087028469
7	0.091958257	0.09596631	0.092375963	0.149540411	0.003812272	0.364439094	0.087028469	0

Paso 3. Determinación de la matriz del ahorro

Para el desarrollo de esta matriz se debe aplicar la siguiente fórmula para cada uno de los datos:

$$S_{ij} = C_{oi} + C_{oj} - C_{ij}$$

Donde

C_{oi}= Cliente 1.

C_{oj}= Cliente 2.

C_{ij}= Costo de ir de un cliente a otro.

Para el desarrollo de esta media matriz la primer combinación que se desarrollo es la del cliente 1 con el cliente 2, los cálculos están basados a partir de los cálculos obtenidos en la matriz de costos que se encuentran en la tabla 2, donde el valor de la distancia del cliente 1 se le suma la distancia del cliente 2 menos la distancia de mandarlo del cliente 2 al cliente 1, dando como resultado un ahorro de 0.001888536, representado de mejor manera en la siguiente ecuación:

$$Sij = 0.008132941 + 0.000944418 - 0.007188824 = 0.001888536$$

Los resultados obtenidos se pueden visualizar en la tabla 3.

Tabla 3. Matriz del ahorro

0	1	2	3	4	5	6	7
		0.001888536	0.003211082	0.004312689	0.00252201	0.00263861	0.004124889
			0.000380648	0.000548712	0.00031325	0.000659551	0.000526712
				0.024384416	0.05899889	0.001656328	0.025175561
					0.18439132	0.010037385	0.183063571
						0.009495235	0.179523214
							0.010006804

Paso 4. Identificación de las rutas

Para la identificación de las rutas, es importante primeramente ordenar de forma descendente los ahorros obtenidos en la tabla 3, que es la matriz de ahorro.
Dentro de la identificación de las rutas se muestra la siguiente tabla en donde se nos permite identificar las rutas óptimas para el negocio, en primer lugar podemos encontrar de manera descendente los datos de mayor a menor ahorro, posteriormente se analiza la demanda de cada cliente con respecto a la capacidad de carga del vehículo de transporte, así mismo se analiza si existe una posible combinación con otro u otros clientes, por último se da el visto bueno en caso de que la ruta cumpla con las especificaciones correspondientes o en caso contrario se sigue desarrollando combinaciones hasta completar las rutas idóneas.
Para este caso, por ejemplo, en la tabla 4 podemos identificar que surge una posible ruta entre los clientes 4 y 7 en donde la suma de la demanda de ambos clientes da un total de 800 kg cantidad menor a la capacidad de carga del vehículo por lo que es posible realizar alguna otra combinación para lograr obtener un mayor ahorro y así poder completar la ruta, posteriormente conforme se van desarrollando más combinaciones surge una nueva ruta entre los clientes 3 y 5 cuya capacidad de carga de 820 kg, convirtiéndose en nuestra primera ruta optima, posteriormente podemos identificar que se retoma nuevamente la primera ruta posible entre los clientes 4 y 7 pero con una nueva combinación con el cliente 1, la suma de estos tres clientes dan como resultado una demanda de 981 kg, cantidad menor a la carga del vehículo, completando así nuestra segunda ruta optima. Después de llevar a cabo varias combinaciones, se llega a obtener la tercera y última ruta idónea con los clientes 2 y 6, su demanda es de 810 kg, estas rutas le garantizan al negocio el máximo ahorro posible.

Tabla 4. Identificación de las rutas

Ahorro	Ruta Posible	Ruta 1	Ruta 2	Conexión	DEM 1	DEM 2	DEM C	DEM 1+2	DEM 1+2+C	CAP	Red posible	Restricción
0.184391319	4 y 5	4	5		550	500		1050	1050	1000	0,4 y 5	NO
0.183063571	4 y 7	4	7		550	250		800	800	1000	0,4 y 7	
0.179523214	5 y 7	5	7	4	500	250	550	750	1300	1000	0,5,7 y 4	NO
0.058998887	3 y 5	3	5		320	500		820	820	1000	0,3 y 5	SI
0.025175561	3 y 7	3	7	5	320	250	500	570	1070	1000	0,3,7 y 5	NO
0.024384416	3 y 4	3	4	7	320	550	250	870	1120	1000	0,3,4 y 7	NO
0.010037385	4 y 6	4	6	7	550	520	250	1070	1320	1000	0,6,7 y 4	NO
0.010006804	6 y 7	6	7	4	520	250	550	770	1320	1000	0,6,7 y 4	NO
0.009495235	5 y 6	5	6	3	500	520	320	1020	1340	1000	0,5,6 y 3	NO
0.004312689	1 y 4	1	4	7	181	550	250	731	981	1000	0,1,4 y 7	SI
0.004124889	1 y 7	1	7	4	181	250	550	431	981	1000	0,1,7 y 4	
0.003211082	1 y 3	1	3	5	181	320	500	501	1001	1000	0,1,5 y 3	NO
0.00263861	1 y 6	1	6	7 y 4	181	520	800	701	1501	1000	0,1,6,7 y 4	NO
0.002522014	1 y 5	1	5	7 y 4	181	500	800	681	1481	1000	0,1,5,7 y 4	NO
0.001888536	1 y 2	1	2	7 y 4	181	290	800	471	1271	1000	0,1,2,7 y 4	NO
0.001656328	3 y 6	3	6	5	320	520	500	840	1340	1000	0,3,6 y 5	NO

0.000659551	2 y 6	2	6		290	520		810	810	1000	0,2 y 6	SI
0.000548712	2 y 4	2	4	6	290	550	520	840	1360	1000	0,2,4 y 6	NO
0.000526712	2 y 7	2	7	6	290	250	520	540	1060	1000	0,2,7 y 6	NO
0.000380648	2 y 3	2	3	6	290	320	520	610	1130	1000	0,2,3 y 6	NO
0.000313251	2 y 5	2	5	6	290	500	520	790	1310	1000	0,2,5 y 6	NO

Los resultados obtenidos por medio del método del ahorro arrojan que existen 3 rutas óptimas para la pyme, estas rutas garantizan la entrega de los productos a sus correspondientes clientes, los resultados fueron los siguientes:

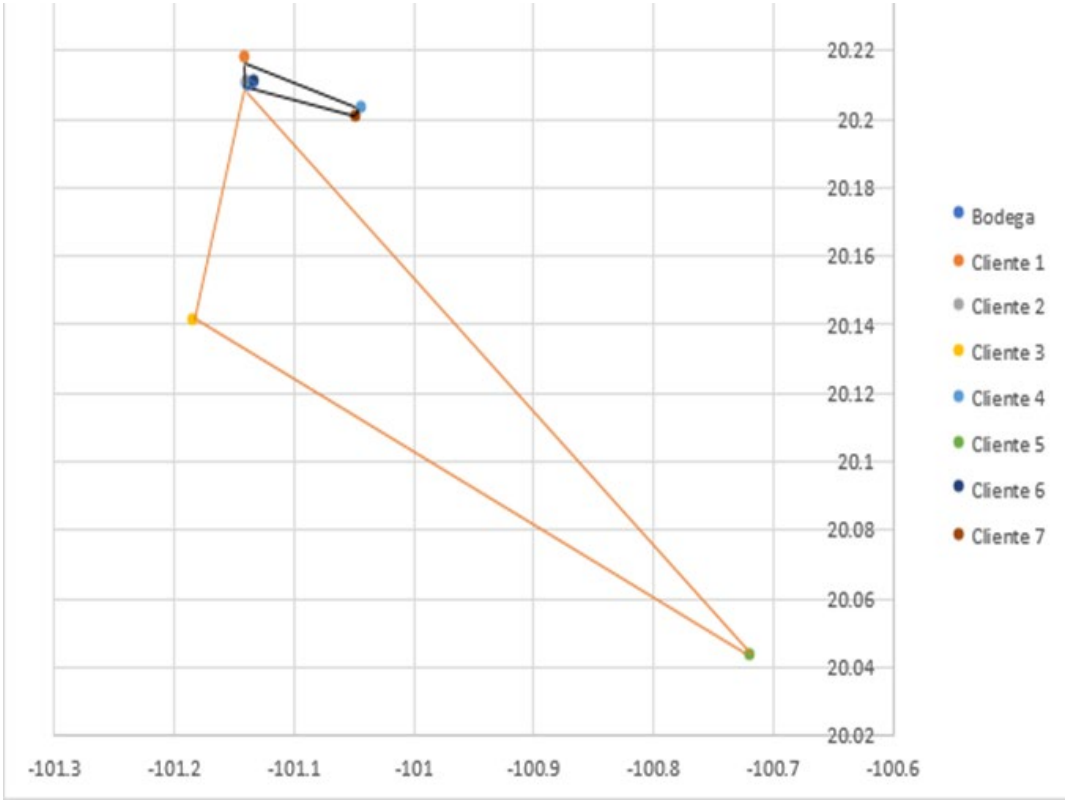
Tabla 5. Rutas óptimas

	RUTAS	DISTANCIAS
1	0, 3 y 5	0.058998887
2	0, 1, 4 y 7	0.18718846
3	0, 2 y 6	0.000659551

Para la primera ruta conveniente, se tiene que partir del del establecimiento y continuar con los clientes 3 y 5, la capacidad de esta ruta es de 820 correspondiente a un 82% de la capacidad de carga del vehículo, la segunda ruta conveniente parte del establecimiento y se dirige posteriormente con los clientes 1, 4 y 7, en esta ruta la capacidad es 981 kilogramos es decir esta capacidad cubre un 98.1% de la capacidad de carga del vehículo, en la tercera ruta se parte de la bodega y se dirige con el cliente 2 y posteriormente con el cliente 6, la capacidad de esta ruta es de 810 kilogramos correspondiente a un 81% de la capacidad del vehículo.

Paso 5. Geolocalización y proyección de las rutas:

Por último, tanto la pyme “súper los güeros”, como cada uno de los siete principales clientes son graficados en un eje bidimensional tal y como se muestra en la gráfica 1, así como, las tres rutas obtenidas de acuerdo con los resultados arrojados en la tabla 5. Aunado a esto, se graficaron las rutas en Google Maps para hacer una comparación con la gráfica en un eje bidimensional.
Se puede observar que existe una similitud al comparar la gráfica en un eje bidimensional con la geolocalización en google Maps.



Gráfica 1. Distribución de rutas, coordenadas en un Eje bidimensional

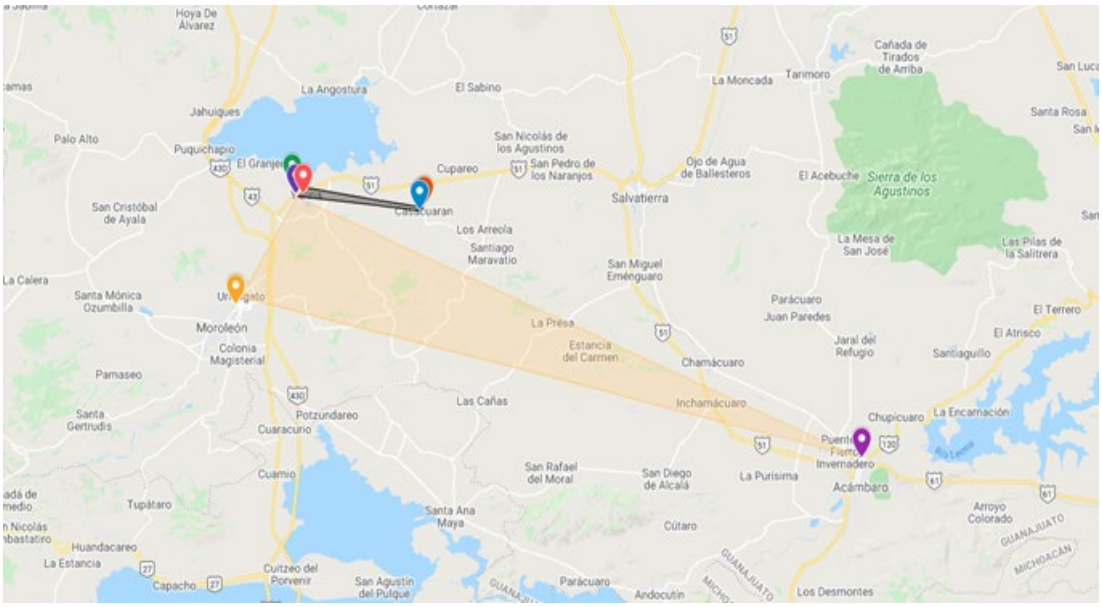


Figura 2. Geolocalización de las rutas optimas en Google Maps

Conclusión

El hecho de contar con rutas optimas beneficia a las empresas de tal manera que se ve reflejado en sus utilidades, recordando que lo que más desean las empresas es gastar lo menos posible y obtener los mejores resultados.
A través del método del ahorro se logró identificar las rutas adecuadas para el super los güeros, ya que a través de esta herramienta se busca conseguir el máximo ahorro sin dejar a un lado la necesidad de los clientes de obtener sus productos de una manera rápida y segura.
Se resalta el hecho de que toda empresa debe de saber utilizar y desarrollar este tipo de herramientas por el simple hecho de que las decisiones que se tomen con base a estos resultados son más precisas y claras ya que están más sustentadas y validadas.
Actualmente esta empresa no contaba con rutas óptimas, es preciso destacar que los dueños y trabajadores de este negocio no conocían de la existencia de este método por lo que nunca se habían enfrentado a este tipo de información.
En conclusión, se menciona y destaca el hecho de que el diseño y desarrollo de rutas permite llevar una gestión más eficiente del negocio, permitiéndoles planificar, coordinar y controlar actividades y recursos, ya que la distribución es un punto clave del éxito que una empresa pueda obtener en un periodo de corto, mediano o largo plazo.

Referencias

[1] Pérez, R., & Beltrán, R. (2020). SITUACIÓN ACTUAL DE LAS MIPYMES Y SU ADAPTACIÓN DURANTE LA PANDEMIA. Ava Cient, Año 5, Núm. 2, Vol. XI, Julio Diciembre 2020 pp. 81-88.

[2] Salinas, M., Badillo, I., & Tejeida, R. (2018). Determinantes sistémicos de viabilidad en las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en México). Científica, vol. 22, núm. 2, 2018, Julio-Diciembre, pp. 147-156.

[3] Tregear, M. (2021). Limitantes endógenas al financiamiento bancario de las Pyme mexicanas y el despliegue de políticas públicas (2000-2015). Análisis Económico, vol.35, no.90.

[4] Salaberry, J. (2019). UN MÉTODO DE RESOLUCIÓN PARA EL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS CON MÚLTIPLES DEPÓSITOS. Facultad de Ingeniería – Universidad de la República Montevideo, Uruguay.

[5] Acero, M. (2018). DISEÑO DE UN MODELO DE ASIGNACIÓN Y BALANCEO DE RUTAS PARA PROCESOS DE RECUPERACIÓN DE CARTERA VENCIDA. Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.

[6] Marín, L., & Meléndez, S. (2017). UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE RUTAS DE TRANSPORTE URBANO EN LE ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA CON VRPTW MEDIANTE UN ALGORITMO DE OPTIMIZACIÓN POR ENJAMBRE DE PARTÍCULAS EVOLUTIVO. Universidad Industrial de Santander.