



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSPORTE PARA LA
DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS APLICANDO LA PROGRAMACIÓN
LINEAL

CONGO FEIJOO IVONNE DEL ROCIO
INGENIERA COMERCIAL MENCIÓN EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSPORTE PARA LA
DISTRIBUCIÓN DE PRODUCTOS APLICANDO LA
PROGRAMACIÓN LINEAL

CONGO FEIJOO IVONNE DEL ROCIO
INGENIERA COMERCIAL MENCIÓN EN ADMINISTRACIÓN DE
EMPRESAS

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS EMPRESARIALES

CARRERA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

EXAMEN COMPLEXIVO

IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE TRANSPORTE PARA LA DISTRIBUCIÓN DE
PRODUCTOS APLICANDO LA PROGRAMACIÓN LINEAL

CONGO FEIJOO IVONNE DEL ROCIO
INGENIERA COMERCIAL MENCIÓN EN ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

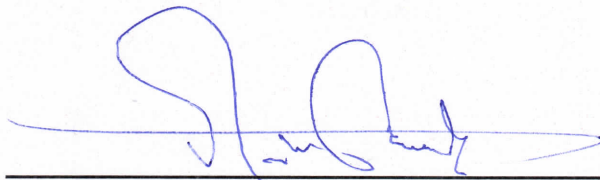
PACHECO MOLINA ANDRES MARCELO

MACHALA, 26 DE FEBRERO DE 2020

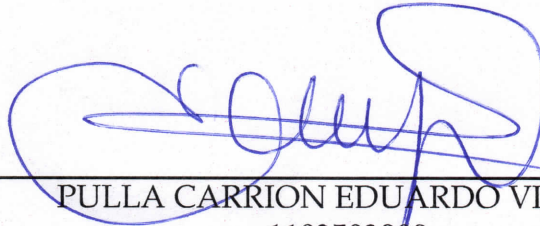
MACHALA
26 de febrero de 2020

Nota de aceptación:

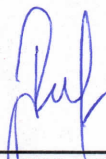
Quienes suscriben, en nuestra condición de evaluadores del trabajo de titulación denominado Implementación de una red de transporte para la distribución de productos aplicando la programación lineal, hacemos constar que luego de haber revisado el manuscrito del precitado trabajo, consideramos que reúne las condiciones académicas para continuar con la fase de evaluación correspondiente.



PACHECO MOLINA ANDRES MARCELO
0700945181
TUTOR - ESPECIALISTA 1



PULLA CARRION EDUARDO VINICIO
1103503809
ESPECIALISTA 2



PUPO FRANCISCO JUAN MARCOS
0959619255
ESPECIALISTA 3

Fecha de impresión: miércoles 26 de febrero de 2020 - 10:11

Implementación de una red de transporte para la distribución de productos aplicando la programación lineal

por Ivonne Congo Feijó

Fecha de entrega: 11-feb-2020 01:46p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1255607102

Nombre del archivo: CONGO_FEIJOO_IVONNE_DEL_ROCIO.docx (85.81K)

Total de palabras: 2750

Total de caracteres: 15012

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

La que suscribe, CONGO FEIJOO IVONNE DEL ROCIO, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Implementación de una red de transporte para la distribución de productos aplicando la programación lineal, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

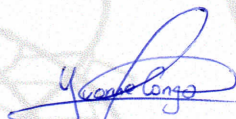
La autora declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

La autora como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 26 de febrero de 2020



CONGO FEIJOO IVONNE DEL ROCIO
0750164410

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo aplicar un modelo de transporte mediante la utilización de la programación lineal para mejorar la eficiencia y requerimientos de la demanda. El caso de estudio fue realizado en la empresa Betaquimic de la Ciudad de Machala, se dedica a la elaboración y distribución de productos de limpieza en la Provincia de El Oro; para éste trabajo se enfocó en el área logística debido a la carencia de modelos matemáticos que permitan disminuir costos de transporte y por ende tomar decisiones acertadas. La metodología utilizada se basó en una recopilación de fuente bibliográfica en artículos y libros sobre la temática planteada, así como también se realizó el método de costos mínimos para obtener una solución inicial, luego se procedió a Microsoft Excel para aplicar la programación lineal, se desarrolló el ejercicio mediante la herramienta Solver, utilizando la prueba de optimalidad con el método simplex para encontrar la solución más óptima. Para la práctica se trabajó con dos bodegas como origen y cinco cantones como destino, obteniendo como resultado final el costo de transporte óptimo. El modelo implementado en la empresa ayudó de manera significativa, permitiendo cumplir con los requerimientos y necesidades de la demanda, también reduciendo costos de transporte para lograr incrementar la eficiencia organizacional.

Palabras claves: red de transporte, programación lineal, costos mínimos.

ABSTRACT

This work aimed to apply a transport model through the use of linear programming to improve efficiency and demand requirements. The case study was carried out in the Betaquimic company of the City of Machala, dedicated to the development and distribution of cleaning products in the Province of El Oro; For this work, he focused on the logistics area due to the lack of mathematical models that reduce transportation costs and therefore make sound decisions. The methodology used was based on a compilation of bibliographic source in articles and books on the subject, as well as the minimum cost method to obtain an initial solution, then we proceeded to Microsoft Excel to apply linear programming, it was developed the exercise using the Solver tool using simplex method to find the most optimal solution. For practice, we worked with two wineries as origin and five cantons as destination, obtaining as a final result the optimal transportation cost. The model implemented in the company helped significantly, allowing to meet the requirements and needs of the demand, also reducing transportation costs to increase organizational efficiency.

Keywords: transport network, linear programming, minimum costs.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCIÓN	4
1. DESARROLLO	5
1.1 Marco Teórico.....	5
1.1.1 <i>Programación lineal</i>	5
1.1.2 <i>Sistema de transporte</i>	6
1.1.3 <i>Redes de transporte</i>	6
1.1.4 <i>Eficiencia</i>	7
1.1.5 <i>Costos mínimos</i>	7
1.2 Empresa Betaquimic	8
1.3 Metodología	9
1.4 Contexto o situación del problema.....	9
2. RESULTADOS	10
3. CONCLUSIONES	13
BIBLIOGRAFÍA	14

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Costos de transporte.....	10
Cuadro 2. Método de Costos Mínimos	10
Cuadro 3 Función Objetivo.....	11
Cuadro 4. Variables de Decisión	11
Cuadro 5. Restricciones de Oferta	11
Cuadro 6. Restricciones de Demanda	11
Cuadro 7. Prueba de Optimalidad.....	12
Cuadro 8. Resultado Final	12

INTRODUCCIÓN

Martínez (2013) menciona que en el análisis de los procesos o actividades productivas, comerciales y la entrega óptima de recursos en el interior de la empresa, el modelo de programación lineal fue aplicado en el campo civil, lo cual ha ido evolucionando en el ámbito empresarial con el apoyo de la tecnología, así como situaciones complejas de optimización. La limitación de estudios pasados de los modelos de transporte requiere que las empresas realicen una programación lineal en el corto plazo, y establecer el diseño de distribución mediante procesos logísticos que permitan mejorar el servicio desde los orígenes hasta los destinos. (Villamarín, Aguilar, Llamuca, & Villacrés, 2019)

Las empresas transnacionales desarrollan sus actividades en países de costos más bajos, aunque cuenten con operaciones en otras partes del mundo; esta división de toma de decisiones, producción y comercialización tiene la necesidad de aumento en los transportes, por lo que es esencial que las redes de transporte sean más eficientes ya que se encuentran en un mundo globalizado (Ortega & Segovia, 2017). Por otra parte, la investigación de operaciones ayuda en la aplicación de modelos matemáticos que permiten resolver problemas de transporte y tomar mejores decisiones, es así con la programación lineal es una de las técnicas para emplear en el ámbito empresarial.

Según Duque, Orellana, Coello, y Cordero (2018) mencionan que el servicio de transporte dentro de una sociedad ayuda al desarrollo económico, se crea un ambiente dinámico entre las personas, se debe realizar de manera eficiente y garantizar la calidad, para ello es una gran responsabilidad de las empresas determinar el costo para brindar este servicio. Esto ayuda que las empresas tengan la necesidad de crear nuevas alternativas de satisfacción del cliente y por ende la rentabilidad de la misma logrando tomar mejores decisiones.

En el mundo empresarial la distribución de productos ha originado cambios constantes, logrando mejorar la red de transporte desde la recepción de pedido hasta la entrega, lo cual varios investigadores han desarrollado modelos matemáticos que ayudan a mejorar estos procesos, logrando mejores resultados. Las organizaciones se ven obligadas a realizar mejoras en sus actividades, procesos que les permitan estar atentos al entorno dinámico y cambiante, por ello usan medios de transporte que permiten tener un mejor acercamiento con los clientes y ofrecer de una manera más apropiada las necesidades de éstos.

Las empresas en la actualidad deben realizar cambios significativos para mejorar sus operaciones y distribución de mercancía, en algunas entidades existen problemas de transporte, sus costos se elevan debido a la carencia de utilización de modelos matemáticos para realizar sus actividades cotidianas, por lo que dependen de los requerimientos y satisfacción de los clientes, por lo tanto tienen la necesidad de realizar un plan de distribución eficiente para mejorar sus procesos tanto internos como externos.

La implementación de la red de transporte permite que la empresa aplique la programación lineal como método fundamental para realizar sus actividades de distribución, se desarrolle en un entorno competitivo y tomar decisiones acertadas. La presente investigación tiene como objetivo aplicar un modelo de transporte mediante la utilización de programación lineal para mejorar la eficiencia y requerimientos de la demanda.

1. DESARROLLO

1.1 Marco Teórico

1.1.1 *Programación lineal.* Terrazas (2012) menciona que la programación lineal forma parte de la programación matemática, y de optimización limitada, lo cual una de las características del modelo es que sus ecuaciones son lineales, es por ello que se cumple con los requisitos de función aditiva y homogeneidad. Martínez (2013) menciona que la función de optimizar es lineal, se considera las restricciones que son obligatorias para la satisfacción de las demandas y tener conocimiento de la oferta para que no existan faltantes, y se pueda distribuir en los diferentes puntos solicitados, se toma en cuenta el transporte que esté en las condiciones seguras.

Según Alvarado (2009) la programación lineal (PL) es un modelo matemático que ayuda a la solución de problemas cuyo objetivo es maximizar o minimizar resultados entre un conjunto de opciones de decisión, tomando en cuenta las restricciones de la disposición de los recursos u otras situaciones que eviten la decisión de elegir; en el modelo se encuentran: requerimientos de productos, costos e ingresos (función objetivo), disponibilidad de recursos. En sí, la PL es un método matemático que se puede elegir y analizar la mejor opción o alternativa entre varias, por ello consta de dos partes elementales: función objetivo y restricciones.

El uso de la programación lineal ha permitido ser una herramienta esencial en las investigaciones, realizando modelos matemáticos que cuentan con varios parámetros como los precios de los productos y costo de producir, así como también los de inventario, estos modelos tienen como objetivo minimizar costos y maximizar utilidades, además se encuentran con restricciones en la oferta y demanda, capacidad, inventario y materiales. (Silva, Díaz, & Galindo, 2017)

1.1.2 *Sistema de transporte.* Bermeo y Calderón (2009) el sistema de transporte es uno de los factores más relevantes en las organizaciones, es el responsable de transportar materia prima, insumos y productos terminados en distintas zonas geográficas en un tiempo establecido, sin causar daño y en las cantidades pedidas, lo que se puede obtener ventaja realizando de manera eficiente y a bajo costo. Se debe considerar aspectos que sean necesarios para lograr esta distribución eficaz, los que pueden ser: local, bodega, y la distancia hacia los centros de entrega.

El sistema de transporte en las empresas, es esencial tener en consideración la clase o tipo de vehículo para la distribución de materiales, mercancía, se selecciona el orden o disposición de cada vehículo para transportar los pedidos de la demanda, se escoge la mejor ruta posible y menos costosa, desde el punto de salida hasta la entrega de la mercadería, se considera que se brinde un buen nivel de servicio seguro, así como también la localización de la bodega o planta se tiene que realizar de manera que genere facilidad de entrega en los requerimientos de la demanda en un menor tiempo posible. (Guédez, 2011)

1.1.3 *Redes de transporte.* Peña, Urueña, y González (2016) mencionan que el diseño de red trata de mejorar los costos que puedan afectar en el proceso de pedido y entrega del producto, por ello se plantea un modelo de ruta óptima que ayude al mejoramiento de la transportación de los productos y lograr tomar decisiones acertadas. Según González (2016) manifiesta que en la planeación de una red de transporte se debe considerar varios aspectos al momento de transportar: el tipo de mercancía, origen hasta destino, plazo, tiempo programado, precio y cantidad y otras condiciones; así como los peajes, clima, la disposición de los vehículos. Además en la planificación de la ruta existen factores de riesgo que deben brindar mayor seguridad en el traslado de mercancía.

El diseño de redes de distribución busca optimizar recursos y minimizar costos de transporte desde los centros de almacenamiento a los centros de entrega, permitiendo brindar calidad, mejorando los niveles de servicio y la cadena logística sea diferente a las demás. Los problemas en los diseños de redes de distribución se encuentran en la siguiente manera: número de fábricas suministran a los almacenes con variedad de productos y estos a la vez son entregados a los clientes en cantidades requeridas. Las decisiones de la red de distribución establece la ubicación de la materia prima, stock de inventarios, plantas de fabricación, así como también los canales de distribución identificando los transportes que forman parte de la cadena de suministro. (Granillo, Olivares, Martínez, & Caballero, 2017)

1.1.4 *Eficiencia*. Según los autores Calvo, Pelegrín, y Gil (2018) la eficiencia es la necesidad de que las personas (trabajadores) hagan las actividades correctamente haciendo uso de los recursos de manera adecuada, se hace una comparación entre los recursos suministrados y los recibidos, es decir obtener los mayores resultados utilizando una menor cantidad de recursos. Para Hurtado, Robles, y Preciado (2018) la optimización de tiempo y costo de transporte ayuda a las empresas a brindar un mejor tiempo de entrega de producto y de alta calidad, así como también los costos más bajos con las cantidades establecidas; esto permite que se entregue el pedido sin mucho retraso e inconvenientes en la distribución.

La eficiencia requiere de esfuerzos unidos para lograr alcanzar objetivos. Los elementos esenciales son: tiempo, costo, uso adecuado de materiales, calidad, estos permiten conseguir resultados eficientes en el menor costo posible, momento oportuno y tomando en cuenta las normas de calidad; por ello no se tiene una exactitud para medir la eficiencia, pero existen varias alternativas que ayudan a encontrar soluciones para considerarlas en la empresa y se puede aplicar los parámetros antes mencionados que ayudan a mejorar la situación de la empresa. (Ramírez, Viteri, García, & Carrión, 2015)

1.1.5 *Costos mínimos*. El autor Taha (2017) menciona el método del costo mínimo como una mejor solución inicial al momento de enfocarse en la ruta más económica o menos costosa. Su procedimiento es el que se indica a continuación:

1. Colocar en la celda de menor costo, la mayor asignación posible de las cantidades requeridas.

2. Se elimina la columna o fila que ha sido atendida y se considera la oferta y demanda que corresponda. Si existen dos costos iguales a la vez, entonces se tacha una.

3. Se repite el mismo procedimiento de ir satisfaciendo las celdas de menor costo hasta completar todos los requerimientos de la oferta y demanda, al final se obtiene el costo total de transporte.

El método del costo mínimo permite que la empresa obtenga mejores resultados en reducir costos de transporte, lo cual se enfoca en hacer que la ruta desde un punto específico hacia un destino específico, tenga un menor costo de transportación, logrando solucionar problemas iniciales y obteniendo resultados de minimización. Para el modelo de transporte es necesario que se cuente con la oferta, demanda y costos, que permitan realizar la matriz de costos mínimos, teniendo en cuenta satisfacer las rutas en las cantidades pedidas.

Según Chagoyén, Negrín, Cabrera, López, & Padrón (2009) los costos mínimos son de gran relevancia para las organizaciones sin importar el tipo de actividad que realicen, esto hace énfasis a minimizar costos que pueden ser en las siguientes actividades tanto internas como externas: producción, materiales, transportación, entre otros. Es necesario considerar la calidad en los productos y servicios así como la satisfacción de la demanda que juega un rol importante y destacable para poder lograr fidelizar de manera responsable.

1.2 Empresa Betaquimic

La presente investigación se llevó a cabo en la Empresa Betaquimic, fue creada el 5 de Marzo del año 2019, el Sr. David Reyes Saavedra es el propietario, un joven emprendedor que tuvo la iniciativa de realizar una nueva actividad debido a las necesidades de la sociedad; la entidad se encuentra ubicada en la Ciudad de Machala, en las calles circunvalación sur y sexta oeste, en su creación la empresa contaba con cuatro socios, en la actualidad existen dos socios, ésta se dedica a la elaboración y distribución de productos de limpieza para hogares, vehículos livianos y pesados; los productos son realizados con fórmulas químicas que no contaminan la salud y medio ambiente, la mercadería es distribuida en la Provincia de El Oro y el país.

1.3 Metodología

Para la obtención de información se tomó una revisión bibliográfica de artículos en diferentes bases de datos, además libros que sirvieron para tener una idea más clara de lo que se quiere demostrar en este caso de investigación. Para ello se utilizó el método analítico y la investigación cuantitativa que permitieron establecer los costos de distribución desde las bodegas hacia los clientes. Con la colaboración de los socios de la empresa se pudo determinar los costos de transporte, además se realizó el planteamiento de los modelos matemáticos en el desarrollo de los ejercicios de minimización de costos de transporte; el primer procedimiento el método de costos mínimos para obtener una solución de inicio, luego se utilizó Microsoft Excel para resolver en Solver mediante el método simplex para realizar la prueba de optimalidad que ayudaron a obtener soluciones óptimas en la empresa.

1.4 Contexto o situación del problema

Reactivo práctico 11538

Betaquimic es una organización establecida desde el año 2019, se encuentra localizada en la ciudad de Machala y está dedicada a la elaboración y distribución de productos de limpieza para hogares y vehículos. La empresa presta servicio de transporte de los productos. El alcance de los servicios prestados dependerá de los requerimientos del cliente. Para este caso de estudio se trabajará con 2 bodegas y 5 clientes (cantones). El costo que representa movilizar los productos de las bodegas a los clientes son: \$1,00; \$1,50; \$2,00; \$2,50; \$3,00; \$3,50; \$4,00.

Pregunta a resolver: ¿Cuál es el mejor plan de distribución, es decir, la cantidad que se debe enviar por cada una de las rutas desde los puntos de suministro hacia los puntos de demanda?

La empresa machaleña Betaquimic dispone de dos bodegas para satisfacer los requerimientos de productos de limpieza a los cinco cantones de la Provincia de El Oro: Machala, Pasaje, El Guabo, Santa Rosa y Huaquillas. La bodega 1 y 2 pueden ofrecer mensualmente 600 y 700 productos de limpieza. Las necesidades de los cantones son 450, 250, 200, 300, 100 al mes respectivamente. Los costos de transporte por los productos de limpieza se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 1. Costos de transporte

Origen	Destinos				
	MACHALA	PASAJE	EL GUABO	S. ROSA	HUAQUILLAS
B. 1	\$ 1,00	\$ 1,50	\$ 2,00	\$ 2,50	\$ 3,50
B. 2	\$ 1,00	\$ 2,00	\$ 1,50	\$ 3,00	\$ 4,00

Fuente: Empresa Betaquimic

2. RESULTADOS

Cuadro 2. Método de Costos Mínimos

Origen	Destinos					Oferta
	MACHALA	PASAJE	EL GUABO	S. ROSA	HUAQUILLAS	
B. 1	\$ 1,00	\$ 1,50	\$ 2,00	\$ 2,50	\$ 3,50	600
	450	150				150 0
B. 2	\$ 1,00	\$ 2,00	\$ 1,50	\$ 3,00	\$ 4,00	700
		100	200	300	100	500 400 100 0
Demanda	450	250	200	300	100	1300
	0	100	0	0	0	
		0				

Costo Total de Transporte

$$Z = (B.1 * Machala) + (B.1 * Pasaje) + (B.2 * Pasaje) + (B.2 * El Guabo) + (B.2 * S. Rosa) + (B.2 * Huaquillas)$$

$$Z = (450 * \$1,00) + (150 * \$1,50) + (100 * \$2,00) + (200 * \$1,50) + (300 * \$3,00) + (100 * \$4,00)$$

$$Z = \$450,00 + \$225,00 + \$200,00 + \$300,00 + \$900,00 + \$400,00$$

$$Z = \$2.475,00$$

Para mejorar la función objetivo, se realizó en Microsoft Excel para desarrollar la minimización de costos mediante Solver, donde se encuentra la herramienta con el método simplex para minimizar costos, por ende los siguientes parámetros están en función de la programación lineal.

Cuadro 3 Función Objetivo

Función objetivo
Z= \$2.475,00 Min.

Cuadro 4. Variables de Decisión

Variables de Decisión				
MACHALA	PASAJE	EL GUABO	SANTA ROSA	HUAQUILLAS
450	250	200	300	100

Restricciones

Cuadro 5. Restricciones de Oferta

Restricciones Oferta		
Q. Enviadas	<=	Oferta
450+150	<=	600
100+200+300+100	<=	700

Cuadro 6. Restricciones de Demanda

Restricciones Demanda		
Q. Recibidas	=	Demanda
450	=	450
150+100	=	250
200	=	200
300	=	300
100	=	100

La nueva matriz de programación lineal, se desarrolló tomando en cuenta la solución inicial anterior de los costos mínimos, se estableció la función objetivo de minimización, después se consideraron las restricciones de la oferta y demanda, para obtener una nueva ruta de transporte para la empresa, en el programa de Excel en la pestaña de datos se encuentra la herramienta Solver, donde constan los parámetros para ubicar los costos y las cantidades establecidas, que permitieron obtener resultados óptimos (minimización).

Cuadro 7. Prueba de Optimalidad

Origen	Destinos					Oferta
	MACHALA	PASAJE	EL GUABO	S. ROSA	HUAQUILLAS	
B. 1	\$ 1,00	\$ 1,50 250	\$ 2,00	\$ 2,50 300	\$ 3,50 50	600
B. 2	\$ 1,00 450	\$ 2,00	\$ 1,50 200	\$ 3,00	\$ 4,00 50	700
Demanda	450	250	200	300	100	1300
Fuente: Elaboración propia						

Costo de transporte óptimo

$$Z = (250 \times 1,50) + (300 \times 2,50) + (50 \times 3,50) + (450 \times 1,00) + (200 \times 1,50) + (50 \times 4,00)$$

$$Z = \$375,00 + \$750,00 + \$175,00 + \$450,00 + \$300,00 + \$200,00$$

$$Z = \$2.250,00$$

Cuadro 8. Resultado Final

Método de Costos Mínimos	Prueba de Optimalidad
\$2.475,00	\$2.250,00

3. CONCLUSIONES

Mediante la aplicación de los modelos matemáticos empleados se logró mejorar la distribución de productos para la empresa, ayudando a optimizar recursos por lo que su ruta fue cambiada por las necesidades de minimizar costos, por lo tanto la transportación de Machala (origen) hacia los diferentes cantones (destinos) se consiguió mejorarla por las necesidades de atender los requerimientos de los clientes y por ende el incremento de la eficiencia organizacional.

En el método de costos mínimos se realizó el procedimiento, donde se obtuvo costos reducidos para la empresa, pero con la implementación de la programación lineal, con la prueba de optimalidad, con la herramienta Solver, se estableció la función objetivo del proceso anterior, se pudo lograr optimizar los costos que redujeron una cantidad favorable para la empresa en la realización de sus actividades de distribución de productos de limpieza.

La implementación de la red de transporte para la empresa Betaquimic, aplicando la programación lineal con la prueba de optimalidad, se pudo reducir significativamente sus costos, permitiendo que las rutas sean las más óptimas y cumpliendo con las necesidades de los clientes, además se determinó que la empresa aplique este modelo de optimización como herramienta esencial para desarrollar sus procesos en el área logística.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, J. (2009). La Programación lineal aplicación de la pequeñas y medianas empresas. *Reflexiones, LXXXVIII*(1), 89-105.
- Bermeo, E., & Calderón, J. (2009). Diseño de un modelo de optimización de rutas de transporte. *El Hombre y la Máquina*(32), 52-67.
- Calvo, J., Pelegrín, A., & Gil, M. (2018). Enfoques teóricos para la evaluación de la eficiencia y eficacia en el primer nivel de atención médica de los servicios de salud del sector público. *Retos de la Dirección, XII*(1), 96-118.
- Chagoyén, E., Negrín, A., Cabrera, M., López, L., & Padrón, N. (2009). Diseño óptimo de cimentaciones superficiales rectangulares. Formulación. *Revista de la Construcción, VIII*(2), 60-71.
- Duque, G., Orellana, I., Coello, M., & Cordero, D. (2018). Análisis de la metodología para determinación de tarifas en servicio de transporte comercial de taxis convencionales y ejecutivos. *Enfoque UTE, IX*(4), 194-207.
- González, N. (2016). Presentación: transporte y logística. *Revista Transporte y Territorio*(14), 1-4.
- Granillo, R., Olivares, E., Martínez, J., & Caballero, S. (2017). Gestión de operaciones en una cadena de suministro agroalimentaria. *Ciencias Holguín, XXIII*(4), 1-17.
- Guédez, C. (2011). Programación Lineal e Ingeniería Industrial: una Aproximación al Estado del Arte. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, II*(6), 61-78.
- Hurtado, B., Robles, J., & Preciado, J. (2018). Logística de transporte y desarrollo local en organizaciones exportadoras de uva de mesa sonorense. *Estudios Sociales, XXVIII*(51), 1-18.
- Martínez, E. (2013). Un modelo de programación discreta para minimizar el costo de la transportación de cargas. *Economía y Desarrollo, CXLIX*(1), 158-165.
- Ortega, M., & Segovia, M. (2017). La influencia de las redes de transporte en los actores estratégicos del Campo de Gibraltar (España). *Revista Transporte y Territorio*(17), 288-305.
- Peña, D., Urueña, J., & González, L. (2016). Diseño de una red logística para una comercializadora ferretera en el centro del Valle del Cauca. *Entramado, XII*(1), 304-330.
- Ramírez, F., Viteri, J., García, E., & Carrión, V. (2015). Valor óptimo de eficiencia de la gestión. Caso proceso de calzado. *Ingeniería Industrial, XXXVI*(2), 176-187.

- Silva, J., Díaz, C., & Galindo, J. (2017). Herramientas cuantitativas para la planeación y programación de la producción: estado del arte. *Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias*, V(18), 99-114.
- Taha, H. (2017). *Investigación de operaciones*. México: Pearson Educación.
- Terrazas, R. (2012). Aplicación de la programación matemática a la localización de proyectos. *Revista Perspectivas*(28), 69-92.
- Villamarín, J., Aguilar, G., Llamuca, J., & Villacrés, W. (2019). Modelo matemático de transporte para una empresa comercializadora de combustibles, usando programación lineal. *Visionario Digital*, III(2), 1-19.