



## Programación lineal aplicada a la optimización de rutas de transporte en SXR-POLYMERS

Karla Yamileth Terrero Huerta <sup>a</sup>

Rodrigo Compañ Sarmiento <sup>b</sup>

Adamari Camacho Herrera <sup>c</sup>

Hany Alcalá Rivera <sup>d</sup>

Anai Cruz Palacios <sup>e</sup>

Génesis Hernández Mazaba <sup>f</sup>

Gilberto Banda Guzmán <sup>g</sup>

**Resumen** – La optimización de rutas de transporte es desarrollada para la eficiencia y eficacia logística de las empresas, en el presente artículo se implementa como desarrollar a través de un modelo matemático que ayuda a las empresas dedicadas a la fabricación y distribución de productos a reducir costos de transporte. El modelo aplicado para este proyecto es el modelo lineal de transporte mismo que nos brinda la minimización de costos para cada ruta por medio de la asignación de orígenes a determinados destinos de tal manera hacer entregas eficientes y con ello optimizar los recursos con los que la empresa cuenta.

**Palabras clave** – Optimización, Rutas, Transporte, Logística, Programación Lineal.

**Abstract** – The optimization of transportation routes is developed for the efficiency and effectiveness of companies' logistics. In the present article, it is implemented through a mathematical model that helps companies dedicated to the manufacturing and distribution of products reduce transportation costs. The model applied for this project is the linear transportation model, which provides cost minimization for each route by assigning origins to specific destinations, thereby making deliveries efficient and optimize company's resources.

**Keywords** – Optimization, Routes, Transportation, Logistics, Linear Programming.

### CÓMO CITAR HOW TO CITE:

Terrero Huerta, K. Y., Compañ Sarmiento, R., Camacho Herrera, A., Alcalá Rivera, H., Cruz Palacios, A., Hernández Mazaba, G., & Banda Guzmán, G. (2024). Programación lineal aplicada a la optimización de rutas de transporte en SXR-POLYMERS. *Interconectando Saberes*, (18), 55-64.

<https://doi.org/10.25009/is.v0i18.2889>

Recibido: 28 de mayo de 2024

Aceptado: 15 de octubre de 2024

Publicado: 25 de octubre de 2024

<sup>a</sup> Tecnológico Nacional de México - Tuxtepec, México. E-mail: [L22350588@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:L22350588@tuxtepec.tecnm.mx)

<sup>b</sup> Tecnológico Nacional de México - Tuxtepec, México. E-mail: [rodrigo.cs@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:rodrigo.cs@tuxtepec.tecnm.mx)

<sup>c</sup> Tecnológico Nacional de México - Tuxtepec, México. E-mail: [L22350673@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:L22350673@tuxtepec.tecnm.mx)

<sup>d</sup> Tecnológico Nacional de México - Tuxtepec, México. E-mail: [L22350672@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:L22350672@tuxtepec.tecnm.mx)

<sup>e</sup> Tecnológico Nacional de México - Tuxtepec, México. E-mail: [L22350527@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:L22350527@tuxtepec.tecnm.mx)

<sup>f</sup> Tecnológico Nacional de México - Tuxtepec, México. E-mail: [L22350550@tuxtepec.tecnm.mx](mailto:L22350550@tuxtepec.tecnm.mx)

<sup>g</sup> Tecnológico Nacional de México - Tuxtepec, México. E-mail: [bandagilberto@gmail.com](mailto:bandagilberto@gmail.com)



## INTRODUCCIÓN

La optimización de rutas de transporte implica una extensa red logística que, mediante la planificación y la programación, busca diseñar la ruta óptima en cuanto a costo, incluyendo elementos relevantes, como la cantidad y la ubicación de las paradas necesarias de la ruta, así como los plazos de tiempo para las entregas de los productos que se distribuyen. (Management., s.f.)

El problema de transporte surge de una necesidad en las actividades llevadas a cabo con los clientes, por lo tanto, la solución lleva a desarrollar un conjunto de rutas las cuales sean más eficientes, pero siempre y cuando se cumpla con las condiciones. Esto se realiza a través de un modelo matemático que nos permite minimizar los costos.

Así mismo se ve aplicado la programación lineal, cuya finalidad es buscar maximizar o minimizar una función lineal o también conocida como función objetivo, las variables que integran a la función están estructuradas por restricciones que son expresadas en un sistema de ecuaciones. En términos más entendibles el propósito es optimizar las funciones lineales por medio variables que sean reales con restricciones (García G & Merino J, 2020).

El modelo resuelve eficazmente problemas complejos con diversos cambios en la aplicación y los requisitos de trabajo.

Principios fundamentales para aumentar la eficiencia y reducir costos. Implica planificar y programar la mejor manera de entregar bienes y servicios, incluidas limitaciones como la capacidad de los vehículos, el tiempo de entrega y el transporte, estos principios fundamentales se implementan utilizando modelos matemáticos y tecnología avanzada para garantizar una

gestión eficiente de la flota y reducir el tiempo y la distancia de viaje (Rodríguez A, 2007).

La finalidad es analizar la optimización de rutas para el transporte de productos en una empresa, donde se busca la optimización de rutas de entregas eficiente, teniendo en cuenta la variabilidad en la demanda, oferta y costos.

Para alcanzar una optimización eficiente es importante que cada parte de la cadena de suministro sea analizada a detalle, ya que contribuirá a reducir el costo de transporte, mantener al mínimo el número de vehículos utilizados, asegurar los recursos de la empresa, considerar vías alternativas y ofrecer soluciones óptimas en caso de fallas, esto se alcanzara haciendo una recopilación de datos para hacer que las rutas sean mejores y menos costosas. Para ello se deben conocer los datos de los servicios de transporte para saber los costos que genera el traslado; también es indispensable tener conocimiento de los servicios que disponemos y las dimensiones del vehículo, además de tener en cuenta las mercancías que se transportan (Patel, 2024) (Bermeo Muñoz & Calderón Sotero, 2008).

Es de suma importancia hacer mención que la optimización es un proceso complicado, que conlleva demasiado tiempo y esfuerzo si se llevara a cabo de forma manual. Es aquí donde la tecnología toma un rol importante e interviene mediante softwares de optimización de rutas, especializados para examinar las variables rápidamente. De esta manera, disminuyen los costos logísticos y el enrutamiento resulta más eficaz (Nomadia, 2023).

Por lo tanto, esto se realizará contemplando la problemática que será abordada, donde se dará una solución de problema de acuerdo a la toma de

decisiones que a seleccionar en beneficio a la empresa SXR POLYMERS considerando que esta es una empresa de giro industrial que se dedica a la transformación de materia prima, la cual comercializa hule natural ya procesado, misma que transporta para obtener llantas para los automóviles, suelas de zapatos, balones de futbol, ligas, auto partes, entre otros. La compañía comenzo con una capacidad anual de 2 mil toneladas de hule técnicamente especificado grado 10 y grado 20, pero al pasar los años ha ido incrementando su producción por la gran capacidad que se encuentra de materia prima en la región, hay aproximadamente 3 mil 500 a 4 mil hectáreas de hule y sin dejar de mención que gracias ello ya cuenta con un laboratorio de desarrollo para una mejor producción.

Con todo esto se pretende saber ¿Cómo poder lograr una eficiente optimización de rutas para el transporte de productos en una empresa de distribución?

Para ellos se promoverá y se comenzará una acción para resolver dicha situación con la ayuda de las herramientas de los modelos cuantitativos donde estos nos permitirán determinar una solución satisfactoria y con esto compararemos los resultados con los objetivos

propuestos que nos llevaran a inferir si es necesario o no realizar correcciones y saber qué factores nos ayudarían a lograr una buena optimización en busca obtener la máxima eficiencia en la entrega de mercancías, permitiendo identificar las mejores rutas para cada grupo de transporte que minimicen los costos beneficiando la empresa, haciendo planificar la logística de manera eficiente (Michel Brutrón, 2018).

### MATERIALES Y MÉTODOS

Para resolver la optimización de transporte de la empresa SXR-POLYMERS se requiere: minimizar los costos de transporte sabiendo los posibles grupos de transportes que radican en la ciudad donde se ubica la empresa que de tal manera satisfaga las necesidades para la transportación del caucho, como; capacidad, calidad, seguridad, condición, cumplimiento de destinos, rentabilidad, tiempo de entrega y control.

Los instrumentos que se necesitan para la creación del modelo es recopilar información relevante de la empresa SXR-POLYMERS donde se puede obtener la ubicación de los clientes, las capacidades de los vehículos de los grupos de transporte con los que cuenta la empresa, las restricciones de los conductores y los costos que genera el transporte.

**Tabla I**

*Evaluación de equipos de transporte*

Grupos de Transporte Necesidades	Transportes Kugar del Papaloapan S.A. de C.V.	Transportes Díaz, Tuxtepec, Oaxaca	Autocarga Express Tuxtepec, S.A. de C.V.	Transportes Especializados Costa Verde, S de R.L. de C.V.
Capacidad adecuada	5	5	5	5
Calidad	5	4	5	4
Seguridad	4	4	5	5
Condición	5	4	5	5
Cumplimiento de destinos	5	4	5	5
Rentabilidad	3	4	5	4
Tiempo de entrega	5	5	5	5
Control	5	4	5	5
<b>Total</b>	<b>37</b>	<b>34</b>	<b>40</b>	<b>38</b>

*Nota:* Evaluación de grupos de transporte ubicados en la ciudad de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. Calificando del 1 al 5 de acuerdo a las necesidades de SXR Polymers, donde: 5 significa excelente, 4 bueno, 3 regular, 2 malo y 1 muy malo.

**Tabla 2**

Tabla de costos de transporte

Origen	Destino			
	México	Jalisco	Monterrey	Querétaro
Transportes Kugar del Papaloapan S.A. de C.V.	\$730.00	\$1,600.00	\$1,850.00	\$1,050.00
Transportes Diaz, Tuxtepec, Oaxaca	\$725.00	\$1,580.00	\$1,650.00	\$1,000.00
Autocarga Express Tuxtepec, S.A de C.V.	\$720.00	\$1,600.00	\$1,800.00	\$800.00
Transportes Especializados Costa Verde, S de R.L. de C.V.	\$730.00	\$1,550.00	\$1,790.00	\$1,055.00

**Tabla 3**

Oferta y demanda

Origen	Destino				Oferta
	México	Jalisco	Monterrey	Querétaro	
Transportes Kugar del Papaloapan S.A. de C.V.	730	1,600	1,850	1,050	25
Transportes Diaz, Tuxtepec, Oaxaca	725	1,580	1,650	1,000	25
Autocarga Express Tuxtepec, S.A de C.V.	720	1,600	1,800	800	25
Transportes Especializados Costa Verde, S de R.L. de C.V.	730	1,550	1,790	1,055	25
<b>Demanda</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>100</b>

En la tabla 2 se muestra el costo de cada grupo de transporte por tonelada de acuerdo a cada uno de los destinos.

### Modelo Lineal de Transporte

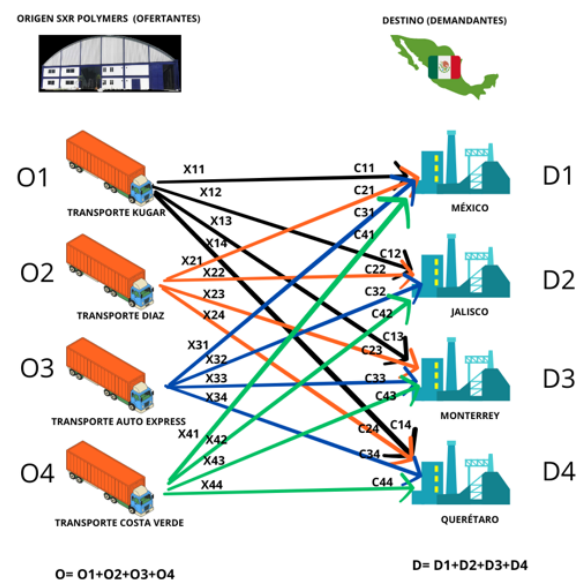
Se utilizará el Modelo Lineal de Transporte, aplicación especial de la programación lineal, utilizada para minimizar los costos asociados a la distribución y transporte de un bien o servicio desde diferentes orígenes hasta los destinos. Como se muestra en la figura 1.

Las variables a utilizar en este proyecto son: ubicación de clientes, costos de transporte, oferta y demanda. La oferta y demanda son la misma ya que los grupos de transporte cuentan todos con la misma capacidad para transportar y la empresa SXR

POLYMERS destina la misma cantidad para cada estado. En la tabla 3 se muestra la información recabada.

**Figura 1**

Modelo lineal de transporte



### Solución

Variables de decisión:  $X_{ij}$

$i = 1,2,3,4$  Orígenes

$j = 1,2,3,4$  Destinos

Función objetivo:

$$\text{Min } Z = X_{11} C_{11} + X_{12} C_{12} + X_{13} C_{13} + X_{14} C_{14} + X_{21} C_{21} + X_{22} C_{22} + X_{23} C_{23} + X_{24} C_{24} + X_{31} C_{31} + X_{32} C_{32} + X_{33} C_{33} + X_{34} C_{34} + X_{41} C_{41} + X_{42} C_{42} + X_{43} C_{43} + X_{44} C_{44}$$

Restricciones: En este modelo de transporte existen dos tipos de restricciones la oferta y la demanda. El modelo esta balanceado es decir que la oferta y demanda son iguales como se muestra en las siguientes ecuaciones y la tabla 4.

$$\text{Si } O \geq D$$

Oferta

Demanda

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq O_1$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq D_1$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq O_m \quad \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq D_n$$

Donde:

$m =$  número de ecuaciones de oferta.

$n =$  número de ecuaciones de demanda.

$O =$  oferta

$D =$  demanda

$$O = O_1 + \dots + O_m$$

$$D = D_1 + \dots + D_n$$

$$\text{Oferta} = \begin{cases} X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} = O_1 \\ X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} = O_2 \\ X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} = O_3 \\ X_{41} + X_{42} + X_{43} + X_{44} = O_4 \end{cases}$$

$$\text{Demanda} = \begin{cases} X_{11} + X_{21} + X_{31} + X_{41} = D_1 \\ X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} = D_2 \\ X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} = D_3 \\ X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} = D_4 \end{cases}$$

$X_{ij} \geq 0$  No negatividad

De acuerdo a los resultados obtenidos, la solución para la minimización de costos de rutas de transporte para la empresa SXR-POLYMERS teniendo en cuenta que los equipos de transporte cumplen las necesidades (Ver la tabla 5).

**Tabla 4**

Matriz de oferta y demanda

Asignaciones	Destino				Suma	Oferta
	México	Jalisco	Monterrey	Querétaro		
Transportes Kugar del Papaloapan S.A. de C.V.	0	0	0	0	0	<= 25
Transportes Diaz, Tuxtepec, Oaxaca	0	0	0	0	0	<= 25
Autocarga Express Tuxtepec, S.A de C.V.	0	0	0	0	0	<= 25
Transportes Especializados Costa Verde, S de R.L. de C.V.	0	0	0	0	0	<= 25
Suma	0	0	0	0	0	0
<b>Demanda</b>	<b>&gt;= 25</b>	<b>&gt;= 25</b>	<b>&gt;= 25</b>	<b>&gt;= 25</b>		

**Tabla 5**

Solución

Asignaciones	Destino				Suma
	México	Jalisco	Monterrey	Querétaro	
Transportes Kugar del Papaloapan S.A. de C.V.	25	0	0	0	25
Transportes Diaz, Tuxtepec, Oaxaca	0	0	25	0	25
Autocarga Express Tuxtepec, S.A de C.V.	0	0	0	25	25
Transportes Especializados Costa Verde, S de R.L. de C.V.	0	25	0	0	25
<b>Suma</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>100</b>

El costo de transporte es:

$$\text{Costo} = 25(730) + 25(1550) + 25(1650) + 25(800) = 118250$$

De igual forma se verifica utilizando el software de QM aplicación utilizada para Transportation Results como se muestra en la figura 2.

**Figura 2**

Solución con el programa QM

(untitled) Solution	MÉXICO	JALISCO	MONTERRE	QUERETAR
solution value = \$118250				
KUGAR	25	0		0
DIAZ			25	
EXPRESS				25
COSTA VERDE		25	0	

Nota: Elaboración propia con el software QM for windows V. 5.2

La empresa SXR-POLYMERS es una empresa dedicada a la compra de hule de distintos productores de la cuenca del Papaloapan la cual se procesa, haciéndola materia prima y distribuyendo la producción a varias partes del mundo como los es Asia y Europa. El cual el 80 por ciento se coloca al mercado nacional, donde hay mucho consumo, y el otro 20 por ciento se procurará exportar para generar un mercado internacional para tener presencia en el mercado extranjero con producto mexicano.

### Factibilidad Técnica

La empresa SXR POLYMERS cuenta con las suficientes tecnologías que puedan llevar a cabo el proyecto para la optimización de rutas para transportar su hule. Cumple con el suficiente personal calificado para llevar a cabo de manera adecuada el proyecto puesto que es comprensible y fácil de llevar a cabo ya que ellos buscan grupos de transporte y optan por el de menor costo para todas las rutas y con este método de optimización se podrá llevar a cabo minimizar los costos, ya que se puede asignar a cada grupo transporte cotizado una ruta de manera que reduzcan los costos.

Se tiene una infraestructura en la empresa, pero se puede obtener una más actualizada para el manejo de la optimización ya sea capacitando a el personal encargado de adquirir el servicio de distribución, para el buen funcionamiento de la empresa.

Si hay comprensión clara de las complicaciones que se puedan presentar en la empresa durante la implementación del proyecto con ello resolverlas de la mejor manera posible, estos se toman en cuenta sabiendo el tipo de problema, cual es nuestro objetivo, los factores y con ello dar una solución efectiva.

### Factibilidad Económica

El costo para desarrollar el proyecto no genera ninguno, al contrario, nos ayuda a minimizar los costos de transporte de la empresa ocupando las herramientas de software, habilidades, tiempo, esfuerzo y capacidades mismas que no generan algún tipo de costo extra, para resolver y minimizar los costos de transporte en la empresa buscando la mejor alternativa para transportar el producto de SXR POLYMERS.

Se realizó el análisis de costos y los beneficios que puede tener la empresa como, por ejemplo; ahorrar costos y obtener más utilidad, de tal manera si consideramos a largo plazo los beneficios de obtener más utilidad por el ahorro de costos de transporte serían el reflejo de una buena administración ya que la empresa saldría beneficiada.

El proyecto generará ahorros en los costos por lo tanto al reducir los costos, mayor será la utilidad de tal manera que la inversión inicial no afecta ya que la empresa cuenta con efectivo destinado exclusivamente a la transportación de su producto, y por otro lado los costos operarios no pueden ser afectados.

### Factibilidad Operacional

El proyecto está diseñado para que sean reducidos los costos y que las decisiones sean eficientes para el beneficio de la empresa por lo tanto la metodología es transparente y el proceso es comprensible.

El proyecto se puede incorporar a los sistemas ya que es adaptable y no hay dificultades en los procesos operarios ya que solo se busca reducir costos, el proceso logístico seguiría siendo el mismo solo con la mejor alternativa de servicio de transporte que satisfaga las necesidades de la empresa.

SXR POLYMERS cuenta con la suficiente capacidad y recursos necesarios para implementar el proyecto, y por ello darle continuidad de manera que beneficie a la empresa.

### SIMULACIÓN

Para la simulación se utilizó RStudio, un programa que facilita el trabajo con datos y la creación de gráficos. RStudio permitió organizar y reproducir los resultados de manera eficiente, realizar cálculos complejos y manejar grandes volúmenes de datos sin problemas. Esto hizo posible ejecutar múltiples simulaciones y analizar los resultados de manera clara y precisa, ayudando a optimizar las rutas de transporte de la empresa. La simulación se realizó en 2 fases.

- **Fase 1:** Se utilizaron datos simulados para representar las rutas de transporte. Para simular cambios mensuales en la oferta y la demanda, se introdujo una variabilidad aleatoria, permitiendo observar cómo fluctúan estos parámetros a lo largo del tiempo. Los resultados se visualizaron mediante gráficos que muestran las tendencias mensuales de la oferta, demanda y costos de transporte, permitiendo identificar patrones y posibles puntos críticos en el suministro y las necesidades de transporte de la empresa. Esto se observa en la figura 3.
- **Fase 2:** Simulación Monte Carlo. En la segunda fase, se realizaron simulaciones Monte Carlo para evaluar la estabilidad y tendencias a largo plazo de la oferta, demanda y costos de transporte. Se ejecutaron 100 simulaciones, en cada una de las cuales se simuló la variabilidad mensual de la oferta y demanda. Los resultados de cada simulación se agruparon y resumieron por origen

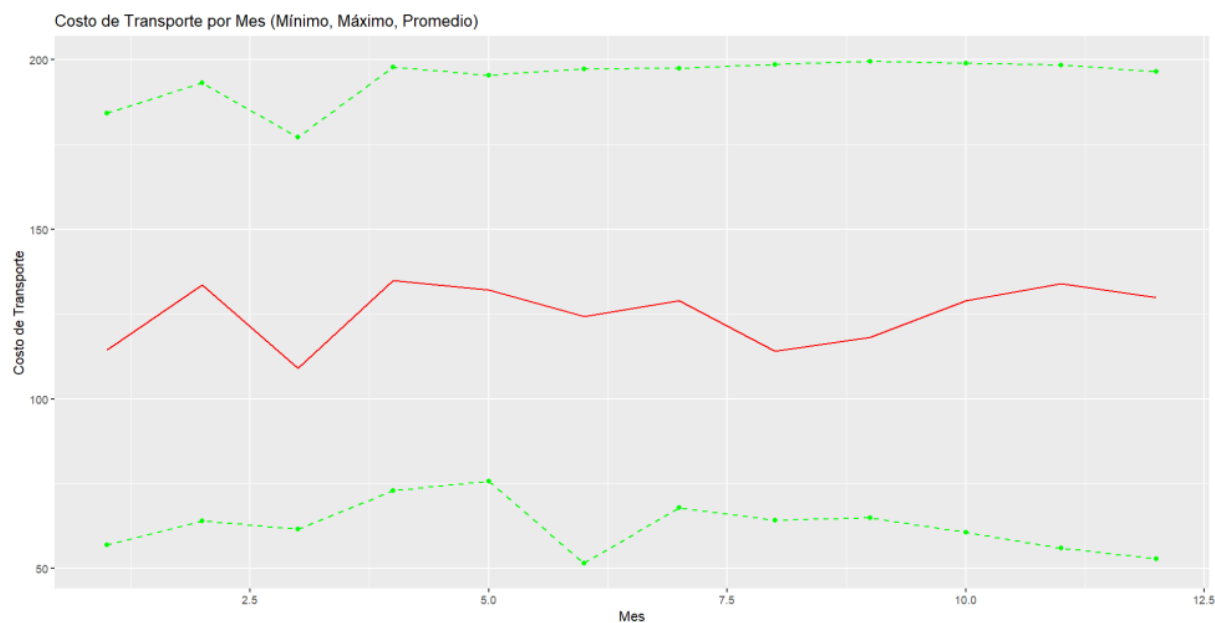


y destino, calculando el promedio de demanda y costos de transporte para cada ruta. Además, se calculó el promedio móvil de la demanda. Este promedio móvil se visualizó mediante un gráfico

que muestra la evolución de la demanda promedio para cada destino a lo largo de las 100 simulaciones. Esto puede observarse en la figura 4.

**Figura 3**

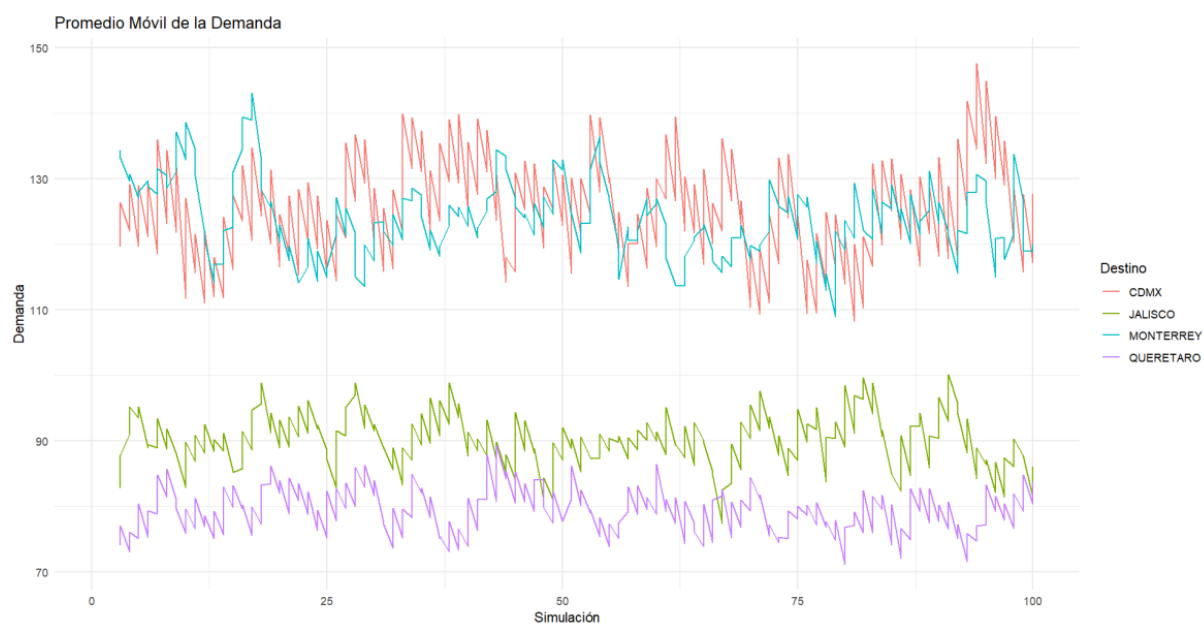
*Costo de transporte*



*Nota:* Elaboración propia con el software Rstudio

**Figura 4**

*Promedio móvil de la demanda*



*Nota:* Elaboración propia con el software Rstudio



Los resultados de la simulación mostraron varias tendencias importantes. En la primera fase, los gráficos de oferta, demanda y costos de transporte revelaron fluctuaciones mensuales significativas, lo que indica la necesidad de una planificación flexible y adaptable en la gestión de rutas de transporte. Los costos de transporte también variaron considerablemente, lo que sugiere la importancia de optimizar rutas no solo en términos de demanda y oferta, sino también en términos de costos operativos.

En la segunda fase, las simulaciones de Monte Carlo permitieron observar la estabilidad y variabilidad de la demanda a lo largo del tiempo. El uso del promedio móvil ayudó a suavizar las fluctuaciones aleatorias y destacó tendencias más consistentes en la demanda de cada destino. Esto es crucial para la toma de decisiones a largo plazo, ya que proporciona una visión más clara de las necesidades de transporte y permite anticipar posibles desafíos.

La simulación proporcionó una comprensión detallada de las dinámicas de oferta y demanda en el contexto de las rutas de transporte de la empresa de polímeros. Los hallazgos resaltan la importancia de utilizar enfoques flexibles y basados en datos para optimizar las operaciones de transporte, mejorando tanto la eficiencia como la capacidad de respuesta ante cambios en el entorno operativo.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de esta investigación representan una estrategia para mejorar la eficiencia logística y minimización de costos de transporte. Al implementar rutas eficientes con base al modelo matemático de programación de líneas de transporte, mismo que nos dice los mejores equipos de transporte

asignados a cada una de las rutas, considerando las limitaciones que se presenten y puedan afectar la eficiencia logística como; costos, capacidad, calidad y tiempo de entrega, es decir las necesidades básicas que se buscan para llevar a cabo el proceso logístico, donde la mejor asignación de acuerdo a nuestro modelo es que KUGAR transporte a Ciudad de México, transportes DIAZ a Monterrey, transporte Autoexpress a Querétaro y transportes Costa Verde a Jalisco, obteniendo un costo de \$118,250 pesos.

Teniendo en cuenta los resultados podemos deducir que la optimización es eficiente ya que la asignación que se realiza son los resultados del objetivo que es deseado para la empresa SXR-POLYMERS. Por lo tanto, nos brinda una planificación detallada, el aprovechamiento de tecnologías tales como los softwares de optimización de rutas, mismas que ayudan a la empresa a minimizar el número de vehículos utilizados, optimizar los recursos y ofrecer soluciones eficientes ante posibles fallos. Esto no solo beneficia directamente a la empresa al reducir sus costos de transporte, sino que también mejora la satisfacción del cliente al garantizar entregas puntuales, eficientes y eficaces.

Finalmente, los métodos utilizados y la capacitación del personal permiten una gestión más efectiva, asegurando que la empresa esté preparada para adaptarse a las demandas del mercado y mantener su competitividad a largo plazo.

## REFERENCIAS

Bermeo Muñoz, E. A., & Calderón Sotero, J. H. (2008, junio). Factores que influyen en la optimización de rutas de transporte y distribución. *Redalyc*. Recuperado el 13 de febrero de 2024, de <https://www.redalyc.org/pdf/478/47811604005.pdf>

- Element Fleet Management. (s.f.). Optimización de rutas de transporte. *Element Fleet*. Recuperado el 12 de febrero de 2024, de <https://www.elementfleet.com.mx/recursos/blog/optimizacion-de-rutas-de-transporte>
- García, G., & Merino, J. (2020, mayo). Análisis de la optimización de rutas de transporte en la cadena de suministro. *Revista Científica ISTJBA*. Recuperado el 20 de mayo de 2024, de [https://revistacientificaistjba.edu.ec/images/joomla/gallery/details/gallery\\_2/gallery\\_1\\_9/Edicion\\_Mayo\\_2020\\_COMPLETO-c.pdf#page=6](https://revistacientificaistjba.edu.ec/images/joomla/gallery/details/gallery_2/gallery_1_9/Edicion_Mayo_2020_COMPLETO-c.pdf#page=6)
- Michel Brutrón, M. (2018). Técnicas para la optimización de rutas de transporte y distribución. *Academia.edu*. Recuperado el 12 de febrero de 2024, de [https://www.academia.edu/37730944/T%C3%A9cnicas\\_para\\_la\\_Optimizaci%C3%B3n\\_de\\_Rutas\\_de\\_Transporte\\_y\\_Distribuci%C3%B3n](https://www.academia.edu/37730944/T%C3%A9cnicas_para_la_Optimizaci%C3%B3n_de_Rutas_de_Transporte_y_Distribuci%C3%B3n)
- Nomadia. (2023, 22 de noviembre). Optimización de rutas de entrega: Claves para una logística efectiva. *Nomadia*. Recuperado el 13 de febrero de 2024, de <https://www.nomadia-group.com/es/recursos/blog/optimizacion-de-rutas-de-entrega-claves-para-una-logistica-efectiva/>
- Patel, R. (2024, 12 de febrero). Supply chain route optimization. *Upperinc*. Recuperado el 13 de febrero de 2024, de <https://www.upperinc.com/blog/supply-chain-route-optimization/>
- Rodríguez, A. (2007). Hacia la optimización del transporte: Desarrollo de un software para cálculo de rutas de vehículos y gestión de flotas. En *Primer Congreso de Logística y Gestión de la Cadena de Suministro* (pp. 1-10). Zaragoza, España. <https://www.researchgate.net/publication/228716289>