



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE REDES PARA DETERMINAR EL
COSTO MÍNIMO DEL REEMPLAZO DE BUSETAS DE LA
COOPERATIVA OROGUAYAS.

CARDENAS PESANTEZ LILIANA MARISOL
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE REDES PARA
DETERMINAR EL COSTO MÍNIMO DEL REEMPLAZO DE
BUSETAS DE LA COOPERATIVA OROGUAYAS.

CARDENAS PESANTEZ LILIANA MARISOL
INGENIERA QUÍMICA

MACHALA
2020



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EXAMEN COMPLEXIVO

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE REDES PARA DETERMINAR EL COSTO
MÍNIMO DEL REEMPLAZO DE BUSETAS DE LA COOPERATIVA OROGUAYAS.

CARDENAS PESANTEZ LILIANA MARISOL
INGENIERA QUÍMICA

YANEZ ROMERO MARIA ELENA

MACHALA, 07 DE DICIEMBRE DE 2020

MACHALA
07 de diciembre de 2020

Implementación del modelo de redes para determinar el costo mínimo del reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas.

por Liliana Marisol Cardenas Pesantez

Fecha de entrega: 20-nov-2020 07:41p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1452834982

Nombre del archivo: Caso_pr_ctico._Cardenas_Liliana_1.docx (705.77K)

Total de palabras: 3501

Total de caracteres: 17220

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

La que suscribe, CARDENAS PESANTEZ LILIANA MARISOL, en calidad de autora del siguiente trabajo escrito titulado Implementación del modelo de redes para determinar el costo mínimo del reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas., 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, 07 de diciembre de 2020



CARDENAS PESANTEZ LILIANA MARISOL
0705517761

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a Dios porque él ha sido mi fuerza en los instantes más complicados de mi vida estudiantil, él me ha brindado salud, sabiduría, confianza y valor que gracias a ello he conseguido este propósito.

A mis padres Manuel Cardenas Márquez y Rosa Pesantez Merchán que han permanecido conmigo en cada una de mis facetas apoyándome lealmente, en particular a mi madre por demostrarme que pese a todos los contratiempos siempre se puede salir adelante, que lo primordial es no decaer.

A mi hijo por ser mi principal motivo de que me levante cada día, el que me impulsa a esforzarme por el presente y por el mañana.

A mi compañero de vida por sus sugerencias, ayuda, por su afecto y comprensión que ha estado en las situaciones más turbulentas de mi vida.

¡Gracias a todos Ustedes!

Liliana Marisol Cardenas

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la posibilidad de terminar este trabajo con éxito.

Al Instituto de Fomento al Talento Humano (IECE) por la BECA brindada a comienzo de mi Carrera que gracias a ella he conseguido concluir exitosamente mi formación académica.

A la Universidad Técnica de Machala, en particular a la Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, por haberme educado durante estos 5 años y llegar a convertirme en una excelente profesional.

A la Ing. María Elena Yáñez por su paciencia, dedicación y por transmitirnos sus saberes sobre el tema y dirigirnos en el avance del mismo.

A mis padres y familia en general que han sido un soporte vital en mi vida.

Liliana Marisol Cardenas Pesantez

RESUMEN

Un modelo de red se emplea con frecuencia en la toma de decisiones particularmente en los problemas de transporte de producción, planeación de proyectos, entre otros. Por tal motivo, esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar el costo mínimo de reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas empleando métodos de un modelo de red los cuales son el algoritmo del árbol de mínima expansión y el problema de la ruta más corta.

En el algoritmo del árbol de mínima expansión se obtuvo un valor de \$18,000 dólares; es decir, el costo de reemplazo para años dados en operación. Lo que significa que se debe adquirir una buseta al inicio del primer año la cual se reemplazará al inicio del otro año y así sucesivamente hasta concluir con su servicio de operación hasta finales del cuarto año.

Mientras que en el algoritmo de la ruta más corta se generó un costo de \$12,500 dólares; el cual es el costo de reemplazo para años dados en operación. Por lo tanto, se debe adquirir una buseta al inicio del primer año la cual se reemplazará al servicio de 2 años. La buseta mantendrá su servicio de operación hasta finales del cuarto año.

Al emplear los métodos se concluye que los 2 cumplen con los requerimientos y políticas que necesita aplicar la cooperativa OroGuayas; sin embargo, el algoritmo de la ruta más corta es el más óptimo debido a que se obtuvo el menor costo de reemplazo de busetas.

Palabras claves: Redes, Ruta más corta, Árbol de expansión mínima, Algoritmo de Dijkstra, Algoritmo de Floyd.

ABSTRACT

A network model is frequently used in decision making, particularly in production transport problems, project planning, among others. For this reason, this research was carried out with the objective of determining the minimum cost of replacement of buses of the OroGuayas cooperative using methods of a network model which are the algorithm of the minimum spanning tree and the shortest path problem.

The minimum spanning tree algorithm returned a value of \$ 18,000; that is, the replacement cost for given years of operation. This means that a van must be purchased at the beginning of the first year, to be replaced early next year and so on until the end of the fourth year of operational service.

Whereas in the algorithm of the shortest path a cost of \$ 12,500 dollars was generated; which is the replacement cost for given years of operation. Therefore, a van must be purchased at the beginning of the first year which will replace the 2-year service. The van will maintain its operational service until the end of the fourth year.

When using the methods, it is concluded that the 2 meet the requirements and policies that the OroGuayas cooperative needs to apply; however, the algorithm of the shortest route is the most optimal because it obtained the lowest cost of replacement of buses.

Keywords: Networks, Shortest route, Minimum spanning tree, Dijkstra's algorithm, Floyd's algorithm.

ÍNDICE

	pág.
1. DESARROLLO	2
1.1 Modelo de redes	2
1.1.1 Algoritmo del árbol de mínima expansión	3
1.1.2 Problema de la ruta más corta	4
2. METODOLOGÍA	6
2.1 Pasos para aplicar el algoritmo del árbol de mínima expansión	7
2.1.1 Aplicación del algoritmo del árbol de mínima expansión	7
2.2 Pasos para aplicar el algoritmo de la ruta más corta	9
2.2.1 Aplicación del algoritmo de la ruta más corta	9
3. RESULTADOS	11
4. CONCLUSIONES	12

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1: Representación de una red.....	3
Ilustración 2: Arista de menor peso.....	8
Ilustración 3: Segunda arista con menor peso.....	8
Ilustración 4: Longitud mínima de todas las aristas, árbol de expansión mínima.....	8
Ilustración 5: Nodo de inicio.....	9
Ilustración 6: Etiqueta temporal de cada nodo.....	9
Ilustración 7: Ruta más corta.....	10

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1: Costos de reemplazo (\$) para cada año.....	6
Tabla 2: Descripción de todos los nodos con su respectivo costo.....	7

INTRODUCCIÓN

En Ecuador el transporte interprovincial fomenta actividades estratégicas competitivas para impulsar el crecimiento económico y social del país. Representa una infraestructura básica debido a la creciente demanda de las personas por trasladarse de un lugar a otro, ya sea por motivos de trabajo, turismo, salud, visita a familiares, entre otros.

La cooperativa OroGuayas es una empresa de transportes creada en la ciudad de Machala; ha formado parte de manera activa, en el desarrollo social y comercial de la provincia de El Oro. Brinda recorridos desde la ciudad de Machala, Pasaje, El Guabo hacia Guayaquil y viceversa, ofreciendo a su clientela soluciones logísticas en la transportación de pasajeros ejecutivos y entrega de encomiendas a domicilio de manera segura, responsable y eficiente.

La misma busca desarrollar una política de reemplazo para su flotilla de busetas en un horizonte de planeación de 4 años; para ello es necesario implementar modelos de redes que representan gráficamente un proceso o una serie de actividades interconectadas que tienen como finalidad ayudar a la toma de decisiones en áreas de producción, distribución, planeación de proyectos, etc¹.

Por lo tanto, este trabajo se planteó con la finalidad de implementar modelos de redes para determinar el costo mínimo del reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas, aplicando el algoritmo del árbol de expansión mínima y la ruta más corta, que cumpla con las políticas de la cooperativa OroGuayas.

OBJETIVOS

Objetivo general

Implementar el modelo de redes para determinar el costo mínimo del reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas.

Objetivos específicos

- Aplicar el modelo algorítmico de la ruta más corta para determinar el costo mínimo del reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas.
- Aplicar el modelo algorítmico del árbol de expansión mínima para determinar el costo mínimo del reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas.
- Determinar el modelo de redes que cumpla con los requerimientos y políticas de la cooperativa OroGuayas.

1. DESARROLLO

1.1 Modelo de redes

La logística permite el crecimiento económico de empresas e instituciones; por ende, el empleo eficiente de los costos depende de la configuración estratégica de las redes de suministro. Por lo cual el diseño de una red de distribución logística implica tomar decisiones en categorías estratégicas, operativas y tácticas².

Las redes son rutas que representan una serie de actividades entrelazadas, por las cuales se van a desplazar los recursos o bienes, son empleadas en diferentes campos como producción, distribución de artículos o de puntos geográficos, planeación financiera y de proyectos, entre otras. Por lo tanto, los algoritmos de los modelos de redes ocupan un lugar muy importante en la toma de decisiones debido a que brindan elementos cuantitativos que ayudan a la resolución de problemas de manera eficaz³.

Para que una red cumpla con su objetivo, debe estar asociada a nodos mediante arcos. Es decir, una red se basa en un grupo de tramos y un grupo de líneas que son unidos por medio de tramos. Los tramos en una red se denominan nodos y las líneas son conocidos como arcos o ramas¹.

El **nodo** simboliza el inicio y fin de los recursos, de un proyecto a ejecutar y se distingue mediante la forma de un círculo en un diagrama de redes.

El **arco** está representado por líneas que unen dos nodos en un diagrama de redes.

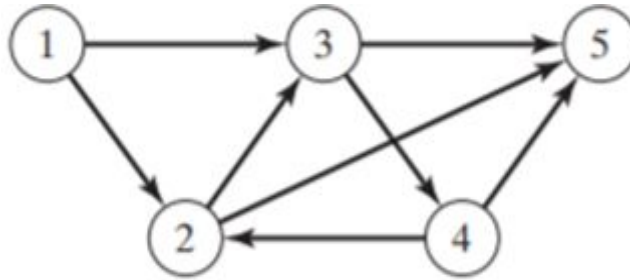
Los arcos pueden clasificarse de la siguiente manera:

Arco dirigido, son los que se presentan con una única dirección y se muestran con una flecha al final al arco.

Arcos no dirigidos, el flujo puede moverse en los dos sentidos, no contienen una flecha con dirección a ningún nodo.

El flujo en una red son todos aquellos bienes y artículos diferentes. Por otra parte los problemas de diseños de redes son examinados en distintas áreas de transporte, logística, informática, sistemas hidráulicos, entre otros⁴.

Ilustración 1: Representación de una red



Fuente: ⁵

Los nodos 1 y 5 simbolizan el inicio y la finalización de la red, entretanto los nodos 2, 3, 4 son los nodos de trasbordo, el número de los arcos o ligaduras puede indicar distancia, costo, entre otros.

Entre los algoritmos de optimización de redes más importantes se distinguen los siguientes problemas de familias, estos son: el problema de la ruta más corta, árbol de mínima expansión, flujo máximo por una red, el problema de flujo de costo mínimo y el método de la ruta crítica (CPM)⁶.

A continuación, se tratarán dos métodos los cuales son:

1.1.1 Algoritmo del árbol de mínima expansión

El árbol de expansión es un concepto primordial en la teoría de grafos relaciona los vértices de una red buscando la distancia mínima total de las ramas de conexión que cada una presenta un coste, se construyen de manera en que todas las fuentes se encuentran conectadas con líneas rectas ya sea directamente o indirectamente⁷.

La solución a través del algoritmo del árbol de mínima expansión puede estar dada por el algoritmo de Prim o Kruskal, los cuales han sido útiles para evidenciar y seleccionar la ruta de traslado más óptima, ya que está basada en la conexión directa o indirecta de los nodos que posean el menor costo de distribución, consiguiendo de esta forma que el árbol recorra una minúscula distancia para llegar al destino (punto de conexión)⁸.

1.1.2 Problema de la ruta más corta

Sus siglas en inglés son SPP (Shortest Path Problem) consiste en encontrar un camino de longitud mínima con el menor costo posible en una red de flujo los cuales están conectados entre un nodo de origen y un nodo de destino que visita solo una vez todos los nodos de un conjunto dado⁹. Establece la ruta más corta entre el inicio y fin de una red de transporte, en este medio tienen varias aplicaciones como el enrutamiento de vehículos, asignación de tráfico y diseño de redes¹⁰.

El dilema de hallar la ruta más corta desde un vértice de inicio determinado al vértice de destino en una red resulta ser un problema de optimización combinatoria, conocido en la teoría de gráficos. Su objetivo se basa en escoger una ruta con mínima longitud de un grupo finito de rutas en un gráfico. En la vida real la longitud del arco está designado en tiempo, distancia, costo u distintas variables¹¹.

Se presentan dos algoritmos para resolver redes cíclicas y redes acíclicas:

- **Algoritmo de Dijkstra**

Este algoritmo es utilizado en la búsqueda de la ruta más corta entre el nodo de origen y los demás nodos que hay en la red, para ello se debe fijar y rotular la distancia a cada uno de los vértices (nodos). Es un método heurístico empleado para la eficiente resolución de un problema de ruteo¹².

Este algoritmo de optimización es de carácter “greedy” debido a que en cada repetición selecciona la alternativa más factible con la confianza de escoger la mejor resolución al problema, es necesario recalcar que este modelo emplea etiquetas en cada nodo con la finalidad de conocer la distancia, el costo de un nodo a otro nodo¹³.

Determina la longitud mínima que concierne al menor costo en el recorrido total desde su inicio hasta su destino de un grafo ponderado en sus aristas, es empleado en varias aplicaciones como el control del tráfico, transporte y dilemas que impliquen variables semejantes¹⁴.

- **Algoritmo de Floyd – Warshall**

Es una herramienta exacta en el cálculo de los recorridos más cortos de un grafo conexo que se encuentra constituido por arcos dirigidos, no dirigidos o mixtos. Es decir, determina de manera eficiente los valores de la ruta más corta obteniendo la distancia mínima entre cualquier par de nodos (vértices)¹⁵.

Es un algoritmo de optimización fácil y sencillo de implementar compara los probables recorridos del gráfico para cada lado de todos los nodos para posibilitar la búsqueda de la longitud mínima, su entrada es un gráfico matricial y el circuito de salida es la ruta más corta desde todos los vértices¹⁶.

2. METODOLOGÍA

La metodología para llevar a cabo el análisis y la solución de la problemática se basó en el método del árbol de mínima expansión y el algoritmo de la ruta más corta para determinar el costo mínimo de reemplazo de busetas de la cooperativa OroGuayas.

Problemática:

La cooperativa OroGuayas está desarrollando una política de reemplazo para su flotilla de busetas en un horizonte de planeación de 4 años. Al inicio de cada año una buseta debe estar en servicio de 1 a 3 años.

La siguiente tabla proporciona el costo de reemplazo como una función del año en que se adquiere una buseta y los años en operación.

Tabla 1: Costos de reemplazo (\$) para cada año

Equipo adquirido al inicio de año	Costos de reemplazo (\$) para años dados en operación		
	1	2	3
1	4 000	5 400	9 800
2	4 300	6 200	8 700
3	4 800	7 100	_____
4	4 900	_____	_____

Fuente: Elaboración propia

Determine la ruta más cortas mediante un modelo de redes.

2.1 Pasos para aplicar el algoritmo del árbol de mínima expansión

1.- Escoger la arista de menor peso

2.- Repetir el paso sin formar ciclos

3.- Una vez seleccionadas todas las aristas se forma el árbol de mínima expansión obteniendo así la longitud mínima.

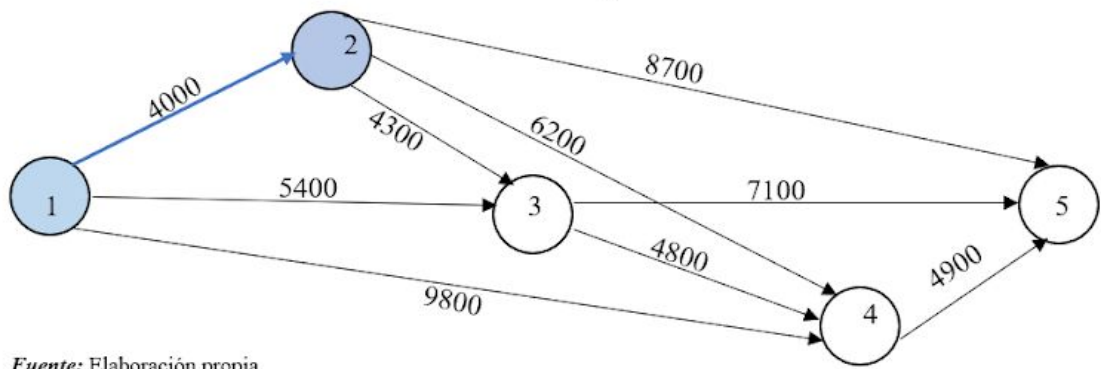
2.1.1 Aplicación del algoritmo del árbol de mínima expansión

Tabla 2: Descripción de todos los nodos con su respectivo costo.

Nodos	Destino	Costo (\$)
1, 2, 3, 4, 5	_____	_____
2, 3, 4, 5	1	_____
3, 4, 5	1 - 2	4 000
4, 5	1 - 2 - 3	4 300
5	1 - 2 - 3 - 4	4 800
_____	1 - 2 - 3 - 4 - 5	4 900

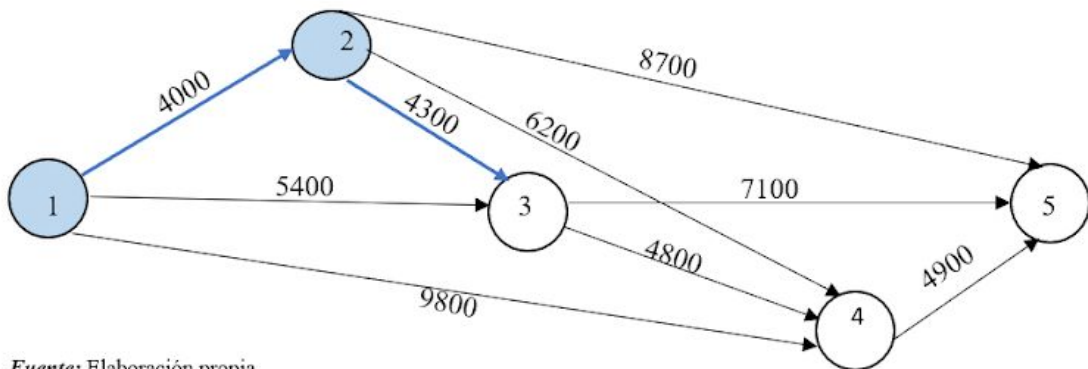
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Arista de menor peso



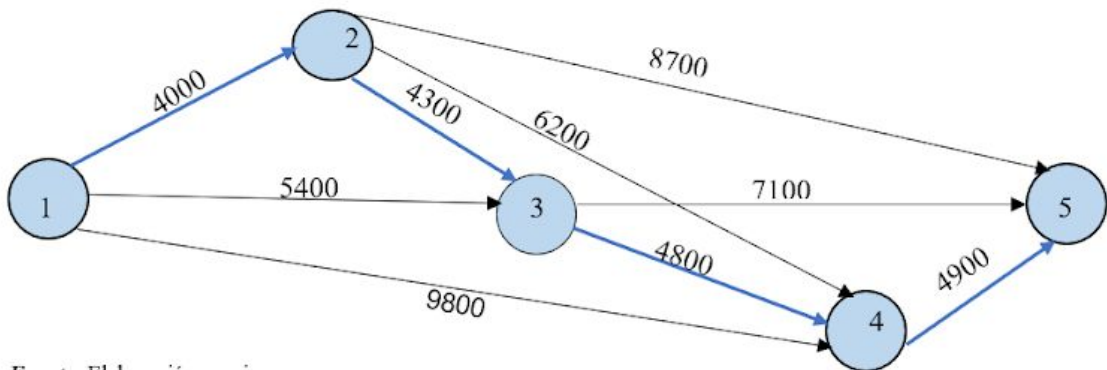
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 3: Segunda arista con menor peso



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 4: Longitud mínima de todas las aristas, árbol de expansión mínima



Fuente: Elaboración propia

$$4000 + 4300 + 4800 + 4900 = \$18\ 000$$

2.2 Pasos para aplicar el algoritmo de la ruta más corta

1.- Seleccionar el nodo de inicio

2.- Se calcula las etiquetas temporales de cada vértice j que viene del vértice i siempre que j no está etiquetado como permanente. Si el vértice j es temporal y el actual valor es menor que el anterior se sustituye con el actual.

3.- Finalmente se escoge la etiqueta con la mínima distancia.

2.2.1 Aplicación del algoritmo de la ruta más corta

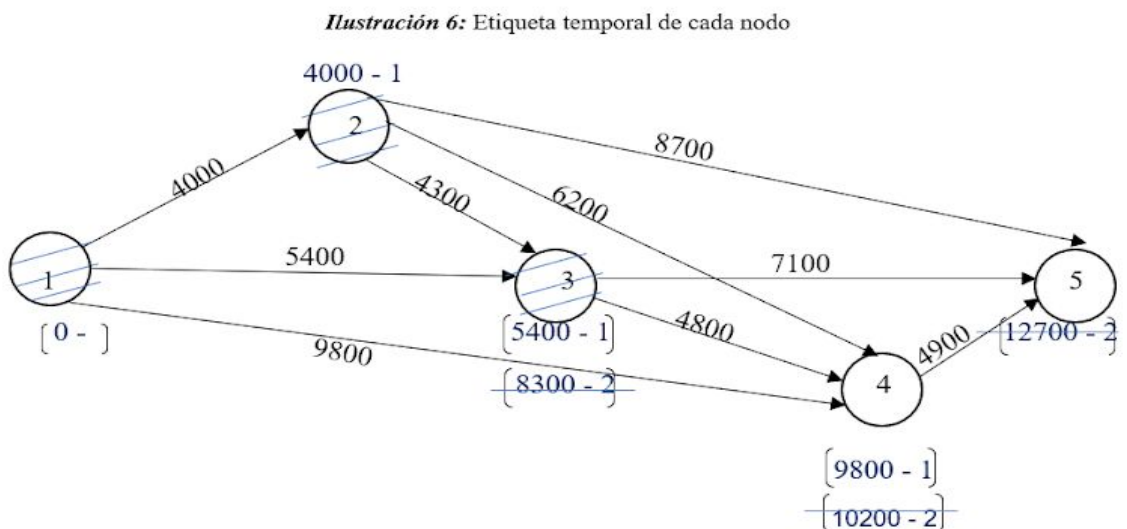
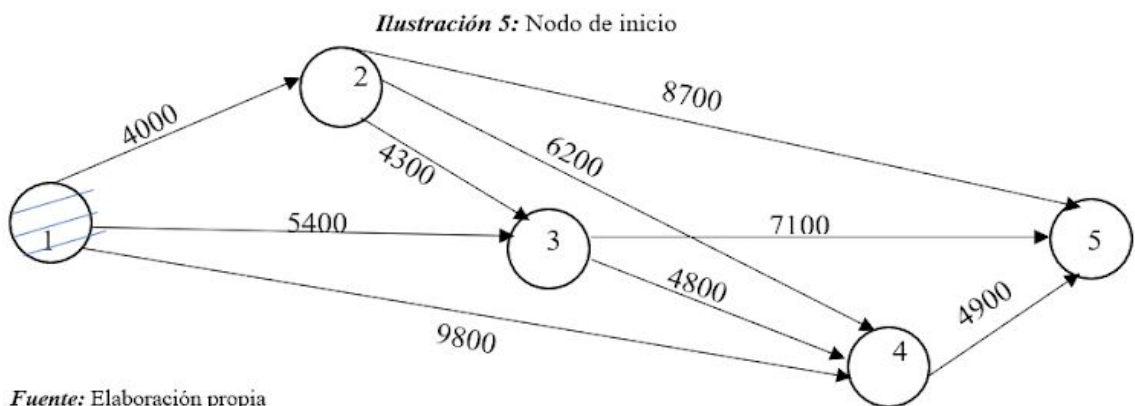
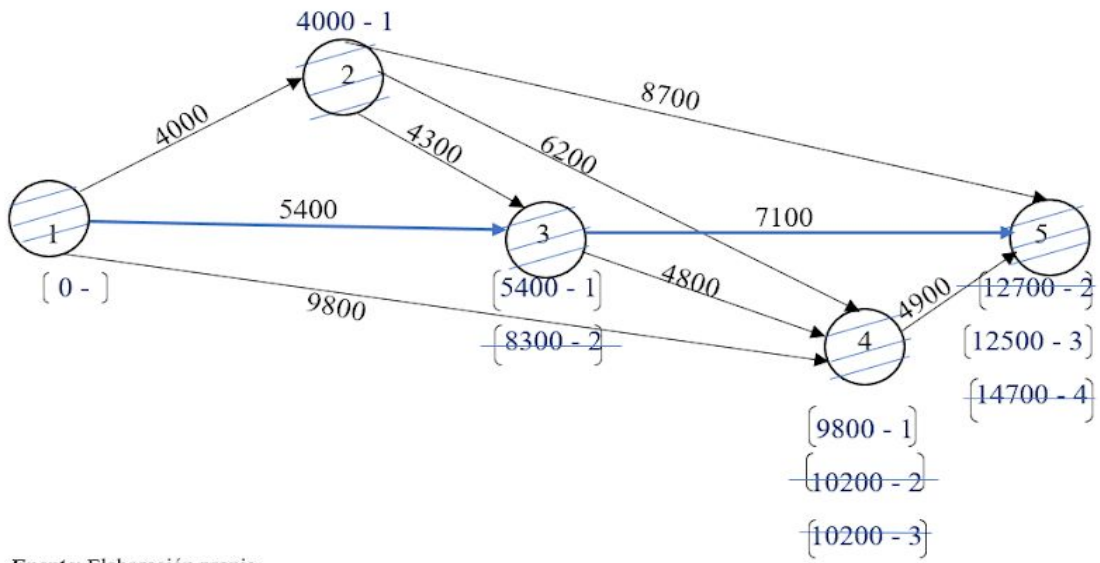


Ilustración 7: Ruta más corta



Fuente: Elaboración propia

$$5400 + 7100 = \$12\,500$$

3. RESULTADOS

Los resultados obtenidos, mediante la aplicación de los dos métodos descritos con anterioridad, se describen a continuación:

En el algoritmo del árbol de expansión mínima se obtuvo que la distancia mínima se encuentra en los nodos 1 – 2 – 3 – 4 – 5, lo que significa que una buseta obtenida en el período 1 se debe sustituir pasado un año; es decir, a inicios del período 2, así sucesivamente, hasta concluir con el período 4. El costo total de la política de reemplazo para la Cooperativa OroGuayas es de \$18 000.

Mientras que el algoritmo de la ruta más corta se obtuvo como resultado que la longitud mínima se encuentra en los nodos 1 - 3 - 5, lo que significa que una buseta obtenida en el período 1 se debe sustituir pasado los 2 años; es decir, a inicios del período 3, el mismo debe estar en oficio hasta el final del nodo 4. El costo total de la política de reemplazo para la Cooperativa OroGuayas es de \$12 500.

4. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar los dos métodos se logró obtener que el algoritmo de mínima expansión generó un costo de \$18 000 y en el algoritmo de la ruta más corta se generó un valor de \$12 500; por lo cual, se deduce que el método más óptimo que puede emplear la cooperativa OroGuayas es el segundo método, debido a que proporciona el menor costo.
- Cabe mencionar que los dos métodos son aplicables a este tipo de modelos sin embargo el método que mejor se adapta a la solución de la problemática es el algoritmo de la ruta más corta cumpliendo con los requerimientos y políticas de reemplazo que requiere emplear la cooperativa OroGuayas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Valencia Nuñez, E. *INVESTIGACIÓN OPERATIVA. Programación Lineal, Problemas Resueltos Con Soluciones Detalladas.*, Primera ed.; Reinoso Núñez, A., Ed.; Ambato, 2018.
- (2) Gámez Albán, H. M.; Mejía Argueta, C.; León Espinosa de los Monteros, R. A. Diseño de Una Red de Distribución a Través de Un Modelo de Optimización Considerando Agotados. *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.* **2017**, *25* (4), 619–632. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052017000400619>.
- (3) Kowalski, V.; Enríquez, H.; Santelices, I.; Erck, M. Enseñanza de Algoritmos En Investigación Operativa : Un Enfoque Desde La Formación Por Competencias. *Ing. Ind. Actual. y Nuevas Tendencias* **2015**, *4*, 15.
- (4) Solano Pinzón, N.; Pinzón Marroquín, D.; Guerrero, W. Modelos de Localización de Cámaras de Vigilancia En Una Red de Transporte Público Masivo. *Ing. y Cienc.* **2017**, *13* (25), 71–93. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.13.25.3>.
- (5) TAHA, H. A. *INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES*, Novena edi.; México, 2012.
- (6) Peña Orozco, D. L.; Ordoñez Rodríguez, C.; Arana Arias, C. C. Modelo Para La Evaluación de Alternativas de Localización de Una PTAR Para Una Ciudad En El Valle Del Cauca Colombia. *Sci. Tech.* **2017**, *22* (2), 167–174. <https://doi.org/10.22517/23447214.12481>.
- (7) Bergantiños, G.; Navarro Ramos, A. A Characterization of the Folk Rule for Multi-Source Minimal Cost Spanning Tree Problems. *Oper. Res. Lett.* **2019**, *47* (5), 366–370. <https://doi.org/10.1016/j.orl.2019.07.002>.
- (8) Ganán, C.; Inga, E.; Hincapié, R. Óptimo Despliegue y Enrutamiento de UDAP Para Infraestructura de Medición Avanzada Basada En El Algoritmo MST Optimal Deployment and Routing Geographic of UDAP for Advanced Metering Infrastructure Based on MST Algorithm. *Rev. Chil. Ing.* **2017**, *25* (1), 106–115.

- (9) Castro De Andrade, R. New Formulations for the Elementary Shortest-Path Problem Visiting a given Set of Nodes. *Eur. J. Oper. Res.* **2016**, 254 (3), 755–768. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.05.008>.
- (10) Zhang, Y.; Khani, A. An Algorithm for Reliable Shortest Path Problem with Travel Time Correlations. *Transp. Res. Part B Methodol.* **2019**, 121, 92–113. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2018.12.011>.
- (11) Dey, A.; Pradhan, R.; Pal, A.; Pal, T. A Genetic Algorithm for Solving Fuzzy Shortest Path Problems with Interval Type-2 Fuzzy Arc Lengths. *Malaysian J. Comput. Sci.* **2018**, 31 (4), 255–270. <https://doi.org/10.22452/mjcs.vol31no4.2>.
- (12) Obregón Biosca, S.; Sánchez Escobedo, J.; Somohano Martínez, M. de L. Planificación de Rutas Turísticas Para Autobús a Través de Indicadores de Accesibilidad Integral y de Dotación de Bienes Materiales e Inmateriales. *Transp. y Territ.* **2016**, No. 14, 144–166. <https://doi.org/10.34096/rtt.i14.2433>.
- (13) Loaiza, M.; Pinta, M.; Herrera, J.; Suarez, F. Optimización De Recorridos De La Compañía “Radio Taxis Ecuador” Aplicando Modelos de Redes. *Conf. Proc. UTMACH* **2018**, 2, 114–122.
- (14) Cardona, M. J.; Castrillón, O. D.; Tinoco, H. A. Determinación Del Método Óptimo de Operaciones de Ensamble Bimanual Con El Algoritmo de Dijkstra (o de Caminos Mínimos). *Inf. Tecnológica* **2017**, 28 (4), 125–134. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400015>.
- (15) Serna Uran, C. A.; García Castrillón, J. A.; Flórez Londoño, O. Análisis de Rutas de Transporte de Pasajeros Mediante La Herramienta Network Analyst de Arcgis. Caso Aplicado En La Ciudad de Medellín. *Rev. Ing. USBMed* **2016**, 7 (2), 89–95.
- (16) Sudarya Triana, Y.; Syahputri, I. Implementation Floyd-Warshall Algorithm for the Shortest Path of Garage. *Int. J. Innov. Sci. Res. Technol.* **2018**, 3 (2), 871–878.