Aplicación móvil para los métodos de transporte de investigación de operaciones.

Mobile application for operations research transport methods.

Erick Alexis Velasco Montes de Oca (1).
Estudiante Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez.
l20271199@tuxtla.tecnm.mx.

Roberto Cruz Gordillo* (2). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
roberto.cg@tuxtla.tecnm.mx.

Jorge William Figueroa Corzo (3). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
jorge.fc@tuxtla.tecnm.mx.

Alicia González Laguna (4). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez, alicia.gl@tuxtla.tecnm.mx.

Mónica Laurent León Juárez (5). Tecnológico Nacional de México/I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
monica.lj@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en octubre 13, 2025; aceptado en diciembre 02, 2025.

Resumen.

El proyecto describe el desarrollo de una aplicación móvil diseñada para optimizar la resolución de problemas de transporte. Como punto de partida, se expone el problema que motivó su creación: la necesidad de comparar varios métodos heurísticos, un proceso que consume tiempo y dificulta la toma de decisiones eficientes debido a la ausencia de un enfoque claro que garantice resultados óptimos; se demuestra la eficiencia y eficacia de los métodos heurísticos de transporte mediante una herramienta interactiva y adaptada a las necesidades actuales. Se utilizó la metodología en cascada para estructurar el desarrollo de la aplicación integrando los algoritmos de Esquina Noroeste, Costo Mínimo y Vogel. Métodos tradicionales en la literatura de transporte, además de ellos se programaron 3 métodos heurísticos alternativos, algoritmos de Esquina Suroeste, Demanda Maxima y Costo Mínimo por lotes (Cofermin). Esta metodología permite abordar fases como la recopilación de requisitos, diseño, implementación y pruebas para asegurar un resultado funcional y adaptado a los objetivos. Asimismo, el documento presenta ejemplos del código desarrollado y sus respectivas funciones, lo que permite ilustrar el diseño técnico y la implementación de las características clave de la aplicación, como la interacción con sliders, botones y celdas. Los resultados muestran que la aplicación mejora la toma de decisiones al proporcionar soluciones rápidas y confiables.

Palabras claves: Aplicación móvil, metodología en cascada, métodos heurísticos de transporte, toma de decisiones.

Abstract.

The project describes the development of a mobile application designed to optimize the resolution of transportation problems. As a starting point, it presents the problem that motivated its creation: the need to compare various heuristic methods, a process that is time-consuming and hinders efficient decision-making due to the lack of a clear approach that ensures optimal results. The efficiency and effectiveness of transportation heuristic methods are demonstrated through an interactive tool tailored to current needs.The waterfall methodology was used to structure the development of the application, integrating the Northwest Corner, Minimum Cost, and Vogel algorithms. This methodology makes it possible to address phases such as requirements gathering, design, implementation, and testing to ensure a functional outcome aligned with the objectives. Additionally, the document presents examples of the developed code and its respective functions, which illustrate the technical design and implementation of the application's key features, such as interaction with sliders, buttons, and cells. The results show that the application enhances decision-making by providing fast and reliable solutions

.

Keywords: Cascade methodology, decision-making, heuristic transport methods, mobile application.

1. Introducción.

La gestión eficiente del transporte es un reto esencial en la logística moderna. Los métodos heurísticos permiten obtener soluciones viables en menor tiempo, facilitando la toma de decisiones. Este artículo presenta una aplicación móvil que integra dichos métodos, con el fin de mejorar la enseñanza y práctica de la Investigación de Operaciones.

El Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez es una Institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Tecnológico Nacional de México.

La misión del Tecnológico se orienta a la formación integral de profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a valores éticos. Simultáneamente, su visión aspira a ser una Institución de excelencia en la educación superior Tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región. (Comunicacion,2018).

La Ingeniería en Sistemas Computacionales forma a profesionistas capaces de diseñar, desarrollar y optimizar soluciones tecnológicas mediante el uso de software, hardware y redes para resolver problemas complejos en diversos sectores. Esta disciplina combina conocimientos de programación, redes, bases de datos, inteligencia artificial y gestión de proyectos, permitiendo a los ingenieros abordar desafíos tanto técnicos como estratégicos en entornos digitales y físicos.

Dentro del plan de estudios, una materia clave es Investigación de Operaciones, la cual se enfoca en aplicar modelos matemáticos, estadísticos y algoritmos para mejorar la toma de decisiones en sistemas complejos. Una de sus unidades más aplicadas es el estudio de los métodos de transporte, que buscan minimizar costos logísticos mediante modelos como el método de la esquina noroeste, el costo mínimo, la aproximación de Vogel, el cruce de arroyo y el método MODI. Estos enfoques son fundamentales en sectores como la manufactura, la salud y la distribución, donde la eficiencia operativa es clave.

Los métodos heurísticos como esquina noroeste, el costo mínimo, la aproximación de Vogel, cruce de arroyo y Modificación de Distribuciones Iniciales (MODI), desempeñan un papel fundamental en la optimización de asignación de recursos y la toma de decisiones estratégicas en problemas de transporte.

Según Sanchez (2021) "El modelo de transporte alude al intercambio de artículos de un número específico de fuentes a un número específico de puntos de destino con un costo mínimo de transporte."

El método de esquina noroeste se considera uno de los pioneros en este ámbito, se desarrolló como un método simple y secuencial para asignar unidades en una matriz de costos, el método del costo mínimo se especializa en minimizar

los costos como lo indica Pacheco Molina (2019) asignando "la mayor cantidad posible a la celda con el costo unitario mínimo" (p.10), lo que resultó en mejoras al ofrecer soluciones más eficientes y económicas. El método de aproximación de Vogel una versión mejorada de nivel intermedio de los métodos de costo mínimo y esquina noroeste, este modelo requiere de la realización de un número generalmente mayor de operaciones que los demás métodos heurísticos existentes, este enfoque de nivel medio permite una asignación más flexible y adaptable.

En el contexto de la transformación digital, la optimización de procesos logísticos mediante herramientas tecnológicas se ha vuelto indispensable. La aplicación propuesta responde a esta necesidad, permitiendo resolver problemas de transporte de manera automatizada, eficiente y adaptable a distintos escenarios operativos, como la distribución de insumos médicos, alimentos o productos industriales.

El proyecto es una aplicación móvil orientada a la optimización de rutas de distribución. Se sustenta en los conocimientos adquiridos en la materia de Investigación de Operaciones, lo que permite:

- Modelar el problema de transporte como una matriz de costos entre orígenes y destinos
- Aplicar métodos como Vogel o MODI para encontrar rutas óptimas con menor gasto
- Traducir los modelos matemáticos en algoritmos funcionales
- Simular escenarios logísticos y visualizar resultados en tiempo real
- Evaluar la eficiencia de cada método mediante pruebas comparativas

Gracias a esta integración, el proyecto no solo cumple con los objetivos técnicos, sino que también incorpora una base analítica sólida que lo hace escalable y aplicable en entornos reales como la distribución de insumos médicos o productos de consumo.

2. Métodos.

Para evaluar la eficiencia y eficacia de cada método heurístico de transporte, así como de las tres propuestas que la aplicación genera para cada problema planteado por el usuario, se analizarán todos los resultados obtenidos. De esta forma, se identificará con qué método se alcanza el menor costo, además de contabilizar las veces en que dicho método resulta ser el más económico.

En cualquier actividad industrial, empresarial o de negocios, el transporte de bienes o productos desde los centros de producción (orígenes) hacia los centros de consumo (destinos) es una tarea fundamental. Realizar esta actividad de manera óptima, es decir, al menor costo posible, representa ventajas económicas y competitivas.

A. **Método de esquina Noroeste** El método de la esquina Noroeste es operacionalmente muy sencillo, consiste en empezar con la primera casilla de la tabla y asignar a esa casilla la mayor cantidad posible. Esa cantidad máxima posible es el mínimo del requerimiento del correspondiente destino y de la disponibilidad del origen correspondiente. Se pasa a la casilla de la derecha o de abajo, dependiendo si se agotaron los requerimientos o las disponibilidades y se asigna a esa casilla la mayor cantidad posible, y así sucesivamente hasta agotar todos los requerimientos y disponibilidades. (Casuso, 2015 como se citó en (Garzón Espinosa & Llumiquinga Pachacama, 2019, pág. 14)).
B. **Método de costo mínimo** Según Pacheco Monina (2019) dice lo siguiente:
El método del costo mínimo o método de los mínimos costos, es un algoritmo desarrollado con el objetivo de resolver problemas de transporte o distribución, con mejores resultados que otros métodos, dado que se enfoca en las rutas que presentan menores costos, determina una mejor solución al concentrarse en las rutas más económicas. Para su aplicación, se asigna la mayor cantidad posible a la celda con el costo unitario mínimo, si existen dos o más celdas con iguales costos se selecciona el que se pueda satisfacer la mayor demanda; luego se tacha la fila o columna satisfecha y se emplean las cantidades de oferta y demanda como correspondan. (pág. 10).
C. **Método de aproximación de Vogel** Es un método basado en el concepto de ganancia. La estrategia del método de Vogel consiste en asignar valores a las celdas de menor costo no saturadas, procurando que, entre

las filas o columnas que puedan saturarse, se elija aquella con la máxima ganancia. De esta manera, se evita saturar celdas con costos bajos (aunque superiores al mínimo) y, en consecuencia, tener que asignar valores posteriormente a celdas con costos elevados (Leyes, 2009, como se citó en Garzón Espinosa & Llumiquinga Pachacama, 2019; Hernández Molina, 2021).

D. **Método de cruce de arroyo** Hernández Molina (2021), define en su trabajo de Investigación de Operaciones I lo siguiente: El método del Cruce del Arroyo, Trampolín, o de Salto de Piedra en Piedra (Stepping Stone) es un método de resolución de problemas de transporte en programación lineal que consiste en calcular cuál sería la variación del costo del envío a través de las rutas posibles, es decir asignar cierta cantidad de artículos desde varios orígenes (fábricas/fuentes) a un conjunto de destinos (clientes/depósitos) de tal manera que se disminuyan los costos, hasta optimizar el objetivo. Se parte de una solución factible de Costo Mínimo..

E. **Método MODI**. El algoritmo MODI, también llamado método de los costes ficticios, implica la inclusión de una fila y una columna adicionales en la matriz de costos, que contienen costos ficticios predeterminados (llamados números MODI). Esta técnica permite calcular los índices de mejora para las celdas no utilizadas, ofreciendo así una estrategia para optimizar la solución del problema.

Metodología Técnica.

Explicación del proceso general actual:

Dibujo de la tabla: El procedimiento se realiza de forma manual. Cada vez que un estudiante o profesor desea resolver un problema de transporte, comienza dibujando la tabla correspondiente.

Llenado de celdas: Se completan todas las celdas con los datos del problema.
Selección del método: Se elige el método de resolución; normalmente se utiliza el de esquina noroeste por ser el más sencillo.

Resolución del problema: Se aplica el método seleccionado paso a paso.

Obtención del resultado: Se obtiene el resultado en segundos o minutos, dependiendo del tamaño de la tabla.

Comparación con otros métodos: Si el resultado no es satisfactorio, es necesario resolver nuevamente el mismo problema utilizando los métodos restantes para identificar cuál proporciona el menor costo de transporte.

En la figura 1, se muestra el proceso actual del diagrama BPMN.

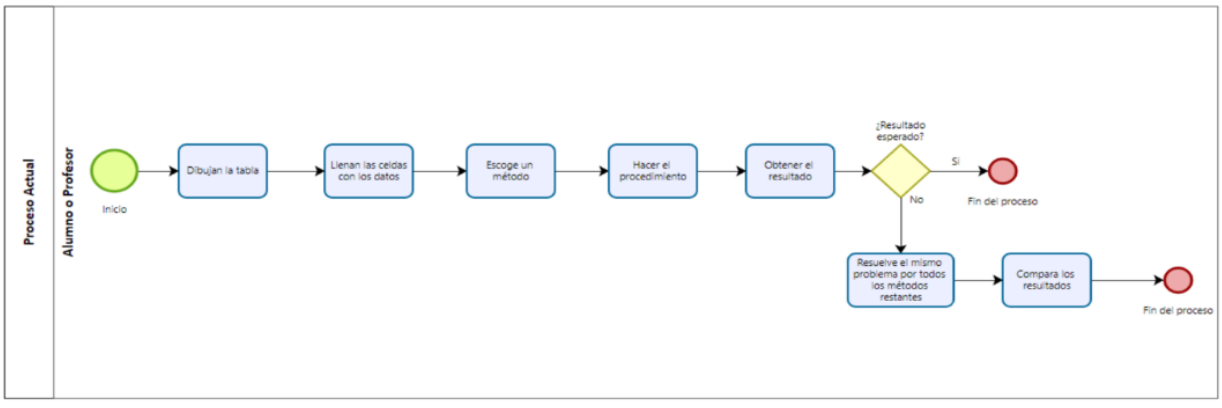


Figura 1. Diagrama BMPN del proceso actual Fuente: Elaboración propia.

3. Desarrollo.

Explicación del proceso que incluye la propuesta.

1. Abrir la aplicación: El usuario inicia la aplicación.
2. Elegir número de filas y columnas: Dentro de la aplicación selecciona cuántas filas y columnas utilizará.
3. Capturar datos:
   - Puede llenar manualmente todas las celdas con los datos de su problema.
   - bien, llenar las celdas de forma aleatoria utilizando random.
4. Solicitar resultados: El usuario pide a la aplicación que procese la información.
5. Resolver el problema: La lógica de negocio de la aplicación resuelve el problema utilizando todos los métodos heurísticos disponibles.
6. Entregar resultados: Se muestran todos los resultados indicando qué método obtuvo el menor costo.
7. Visualizar el procedimiento:
   - El usuario puede revisar paso a paso el procedimiento del método elegido.
   - Si desea consultar otro procedimiento, debe volver a solicitar los resultados y seleccionar el nuevo método.
8. Revisar historial y documentación: Este proceso solo es posible si el usuario accede al menú. Su uso es opcional y no afecta la operación principal de la aplicación.

Diagrama BPMN que incluye la propuesta. En la figura 2, se muestra el diagrama BPMN del proceso que incluye la propuesta.

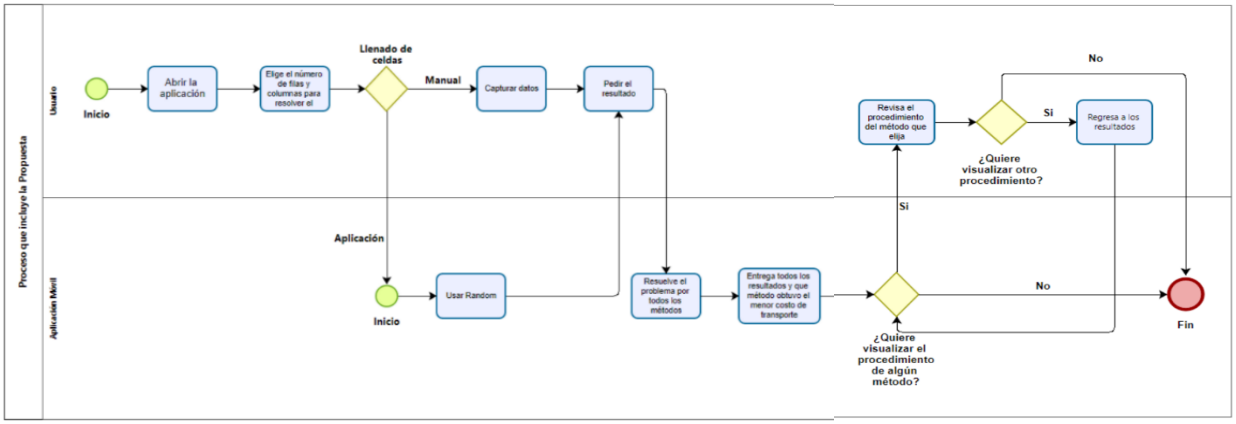


Figura 2. Diagrama BPMN del proceso que incluye la propuesta Fuente: Elaboración propia.

Especificación de requisitos del software.

Requisitos Funcionales.

En la tabla 1, se muestra los requisitos funcionales con su identificador correspondiente, nombre del requisito, descripción y su prioridad.

Tabla 1. Requisitos funcionales Fuente: Elaboración propia.

Identificador	Nombre del requisito	Descripción	Prioridad
RF01	Limitación de filas y columnas	La aplicación debe permitir a los usuarios en escoger el número de filas y columnas que usarán.	Alta
RF02	Llenar celdas	Debe permitir a los usuarios llenar todas las celdas de lo contrario no podrán obtener sus resultados.	Alta
RF03	Random	La aplicación será capaz de llenar las celdas de manera aleatoria	Media
RF04	Balancear la tabla	La aplicación debe revisar el problema que capture el usuario o el problema generado de manera random para revisar si se encuentra balanceado. Si se encuentra balanceado continua con su proceso de solucionar el problema caso contrario primer balancea y luego resuelve.	Alta
RF05	Solución	La aplicación debe ser capaz de resolver el problema por todos los métodos heurísticos de transporte y sus propuestas.	Alta
RF06	Respuesta	Debe proporcionar todos los resultados de los diferentes métodos	Alta
RF07	Costo Optimo	La aplicación debe indicar qué método dio el costo mínimo de transporte	Alta
RF08	Paso a Paso	La aplicación debe mostrar el paso a paso de todos los métodos heurísticos de transporte y sus propuestas.	Alta

Requisitos No Funcionales.

En la tabla 2, se muestra los requisitos no funcionales.

Tabla 2. Requisitos no funcionales Fuente: Elaboración propia.

Identificador	Nombre del requisito	Descripción	Prioridad
RNF01	Rendimiento	La aplicación debe responder de forma inmediata	Alta
RNF02	Escalabilidad	La aplicación debe soportar nuevo código que requiera ser agregado	Alta
RNF03	Seguridad	La aplicación debe cumplir con los estándares de seguridad ISO 27001	Alta
RNF04	Mantenimiento	El código debe estar bien documentado y seguir las mejores prácticas	Alta
RNF05	Usabilidad	La aplicación debe ser intuitiva y atractiva para cualquier usuario que tenga un mínimo conocimiento sobre los métodos de transporte.	Alta

.

Diagrama de casos de uso.

En la figura 3 ilustra el diagrama de casos de uso muestra las interacciones del sistema para ambos actores.

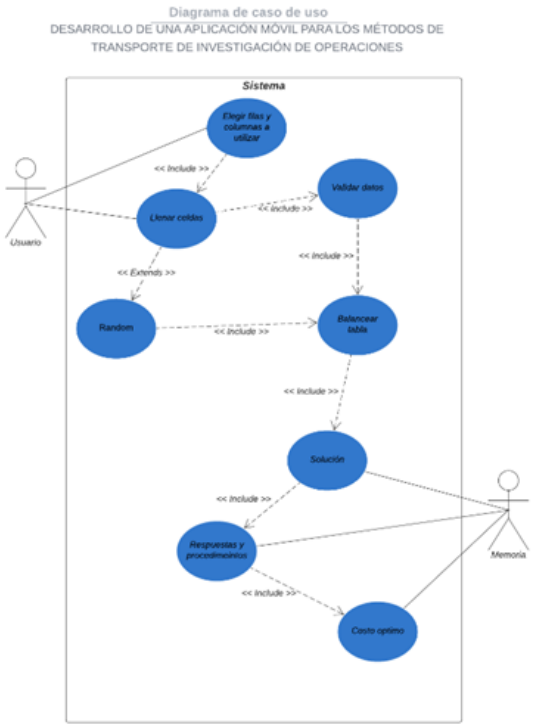


Figura 3. Diagrama de casos de uso Fuente: Elaboración propia.

Características de los usuarios.

En la tabla 3, se observa la descripción del rol del usuario y las funciones que realiza.

Tabla 3. Diagrama de casos de uso Fuente: Elaboración propia.

Actor	**Usuario**
Descripción	El usuario accede a la aplicación para resolver un problema de transporte.
Funciones en el sistema	• Elegir el número de filas y columnas que utilizará. • Ingresar datos en las celdas o elige random. • Visualizar los resultados • Visualizar procedimientos de los métodos de transporte. • Visualizar el costo óptimo.

En la tabla 4, se observa la descripción del rol de la memoria y las funciones que realiza.

Tabla 4. Diagrama de casos de uso Fuente: Elaboración propia.

Actor	**Memoria**
Descripción	La memoria se encargará de almacenar los costos totales que se necesita para saber que método tuvo mayor eficacia en un problema
Funciones en el sistema	• Almacena los costos totales de los métodos heurísticos y las 3 propuestas para indicar cuál de todas obtiene el costo mínimo de transporte

El desarrollo siguió tres etapas principales:
a) análisis de los métodos de transporte (Esquina Noroeste, Costo Mínimo, Vogel, Esquina Suroeste, Demanda Máxima, Cofermin Costo por lotes),
b) diseño técnico mediante diagramas BPMN y casos de uso, y
c) implementación de la aplicación móvil bajo la metodología en cascada.

Diseño preliminar del sistema.
Diseño de la arquitectura del software.

La arquitectura modular tiene un gran beneficio al dividir la aplicación en módulos independientes, logrando escalar y modificar cada componente por separado. Esto te permite agregar nuevos métodos heurísticos o propuestas en el futuro sin tener que reescribir todo el código o afectar negativamente otras partes de la aplicación.
En la figura 4 se muestra la diferencia entre una aplicación regular a una aplicación con módulos

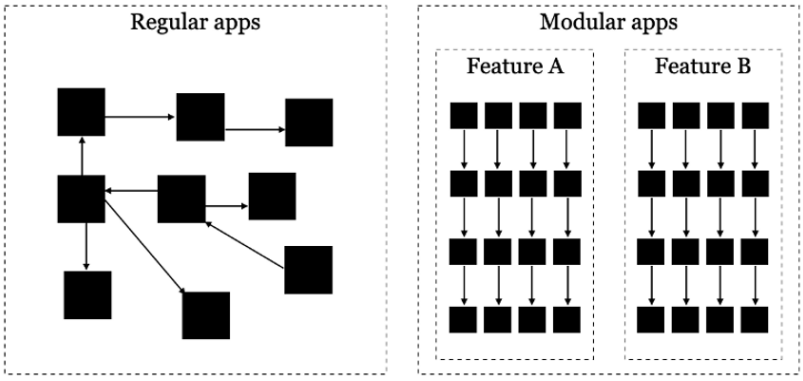


Figura 4. Arquitectura regular y Arquitectura modular Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de Componentes.

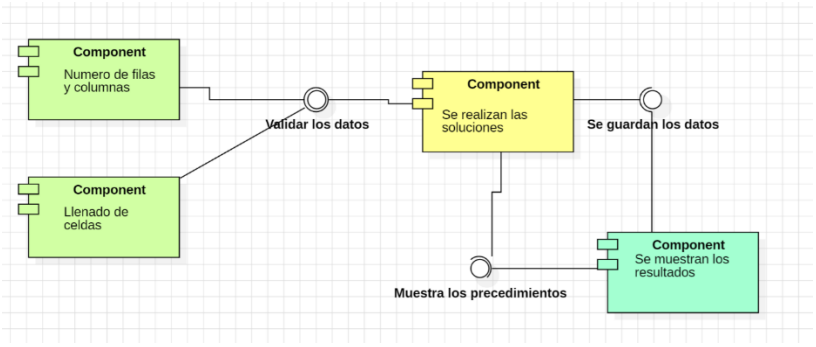


Figura 5. Diagrama de componentes Fuente: Elaboración propia.

Resultados:
La aplicación móvil resolvió correctamente casos de prueba basados en datos de oferta y demanda balanceada. Las tablas comparativas demuestran que los resultados coinciden con los obtenidos manualmente, validando la confiabilidad del sistema.

Métodos de Transporte.
Análisis de los resultados obtenidos:
Los resultados muestran que el método de la esquina suroeste gana en 22 ocasiones, mientras que el método de la esquina noroeste gana en 27 ocasiones, presentándose además empates en varios ejercicios.

Esto indica que ambos métodos tienen un desempeño similar, sin que uno logre una ventaja significativa sobre el otro, por lo cual se consideran técnicas de arranque equivalentes, útiles para fines didácticos, pero no óptimos frente a otros algoritmos heurísticos.

En esta comparación, tanto el método del costo mínimo como el método COFERMIN alcanzan 13 victorias cada uno, además de registrar 24 empates.

Estos resultados reflejan un empate técnico: ambos métodos presentan un nivel de efectividad semejante y ninguno logra imponerse como superior. La conclusión es que su utilidad práctica depende más de la estructura del problema que del algoritmo en sí.

Al contrastar estos métodos, se observa que Vogel gana en 25 ocasiones, mientras que COFERMIN gana en 6 ocasiones, con 18 empates. Aquí Vogel muestra una ventaja clara respecto a COFERMIN, pues obtiene aproximadamente cuatro veces más victorias, lo que lo posiciona como un método más consistente para obtener soluciones de bajo costo.

El enfrentamiento entre Vogel y DEMAXMIN evidencia que, aunque logran 14 empates, Vogel gana en 31 ocasiones, frente a solo 5 victorias de DEMAXMIN.

La diferencia confirma que Vogel se comporta como el método más robusto, ya que supera ampliamente a DEMAXMIN, el cual solo obtiene ventajas en casos puntuales.

Derivado a lo anterior, al analizar los resultados de la tabla, se observa que los métodos Vogel y DEMAXMIN presentan un mejor desempeño en la mayoría de los ejercicios, superando con frecuencia a enfoques clásicos como el de la esquina noroeste o suroeste. En particular, Vogel alcanzó el menor costo en 31 de 50 casos (62% de efectividad), mientras que DEMAXMIN destacó en problemas con estructuras más complejas. En contraste, métodos tradicionales como el costo mínimo y COFERMIN alcanzaron desempeños más modestos, con resultados competitivos en escenarios limitados. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por Hillier y Lieberman (2010), quienes sostienen que los métodos intermedios tienden a ofrecer soluciones más cercanas al óptimo en problemas de transporte reales.

Tabla 5. Muestra la comparación de los resultados de los métodos de transporte.

Comparación	Método 1 (Victorias)	Método 2 (Victorias)	Empates	Interpretación
Noroeste vs Suroeste	Noroeste: 27	Suroeste: 22	Sí	Desempeño similar, sin ventaja clara, ambos útiles como métodos de arranque.
Costo mínimo vs COFERMIN	Costo mínimo: 13	COFERMIN: 13	24	Empate técnico, ambos con efectividad semejante.
Vogel vs COFERMIN	Vogel: 25	COFERMIN: 6	18	Vogel muestra clara ventaja, con 4 veces más victorias.

Vogel vs DEMAXMIN	Vogel: 31	DEMAXMIN: 5	14	Vogel se confirma como el método más robusto, DEMAXMIN solo gana en casos puntuales.
Global (50 ejercicios)	Vogel: 31 (62%)	DEMAXMIN: 11 (22%)	Otros: 8	Vogel es el más eficiente, seguido de DEMAXMIN; métodos clásicos tienen baja competitividad.

La tabla comparativa permite observar el desempeño relativo entre pares de métodos. Mientras que Noroeste y Suroeste, así como Costo mínimo y COFERMIN, muestran desempeños similares y empates frecuentes, Vogel se posiciona como el método claramente superior frente a COFERMIN y DEMAXMIN. A nivel global, Vogel confirma ser el método más eficiente (62% de efectividad), lo que respalda su recomendación como técnica heurística preferente para problemas de transporte.

En conclusión, la evidencia obtenida en los 50 ejercicios comparativos confirma que el método de Vogel se posiciona como el más eficiente en la mayoría de los escenarios, seguido por DEMAXMIN en contextos con mayor complejidad estructural. Los métodos tradicionales, aunque útiles para enseñanza y simplicidad de cálculo, no garantizan costos mínimos consistentes frente a técnicas más modernas. La aplicación desarrollada no solo permitió validar este comportamiento de manera práctica, sino que también evidenció la importancia de contar con herramientas automatizadas que reduzcan tiempos de análisis y faciliten la toma de decisiones en logística y distribución.

Tabla 6. Análisis de los métodos de transporte.

Método	Veces ganador	Porcentaje (%)
Vogel	31	62%
DEMAXMIN	11	22%
Esquina Noroeste	3	6%
Esquina Suroeste	2	4%
Costo mínimo	2	4%
COFERMIN	1	2%
Empates	0	0%
Total	50	100%

La Tabla de conteo confirma que el método de Vogel obtuvo la mayor efectividad, resolviendo con el menor costo en 31 de los 50 ejercicios (62%). DEMAXMIN alcanzó un 22% de efectividad, mostrando mejor desempeño en problemas con estructuras más complejas. En contraste, los métodos clásicos como esquina noroeste, suroeste, costo mínimo y COFERMIN apenas alcanzaron entre 2% y 6% de efectividad, lo que evidencia su baja competitividad en escenarios más exigentes. Estos resultados fortalecen la conclusión de que los métodos intermedios y heurísticos como Vogel y DEMAXMIN son más robustos para aplicaciones prácticas en logística

Conclusiones.

La aplicación móvil constituye una herramienta didáctica y práctica para la resolución de problemas de transporte en Investigación de Operaciones. Se cuenta con una aplicación que resuelve 6 métodos de transporte simultáneamente y los compara entre si para hallar la mejor solución de estos métodos propuestos para su valoración, también muestra la solución paso a paso de cada uno de ellos para mayor comprensión del desarrollo de los mismos, y comprender la efiencia y eficacia de cada uno de ellos, A futuro, se propone integrar más algoritmos heurísticos, optimizar la interfaz de la gráfica y extender su aplicación a problemas de transporte no balanceados.

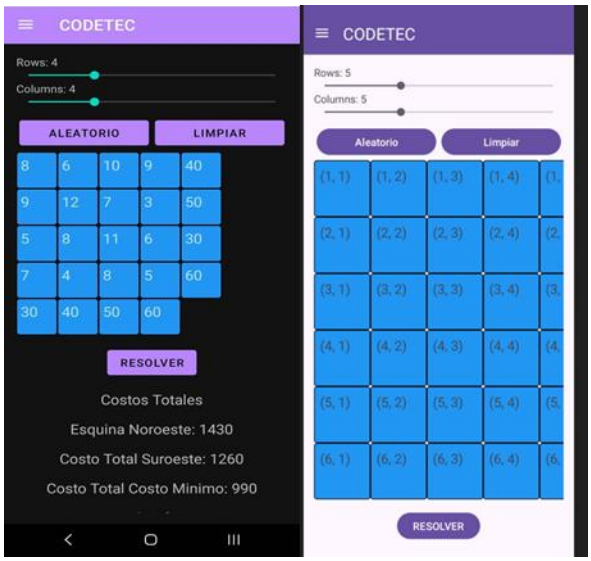


Figura 6. Vista de la aplicación Fuente: Elaboración propia.

La figura 6 muestra la primera interfaz de la aplicación, que cuenta con los dos Sliders para elegir el tamaño de filas y columnas que requiera el usuario, los botones Aleatorio que funciona para llenar todas las celdas de manera aleatoria y el botón limpiar que elimina todos los datos de las celdas si cuentas con algún número, el botón resolver que al dar clic resuelve el problema por los 3 métodos heurísticos y las 3 propuestas y por último los costos totales.

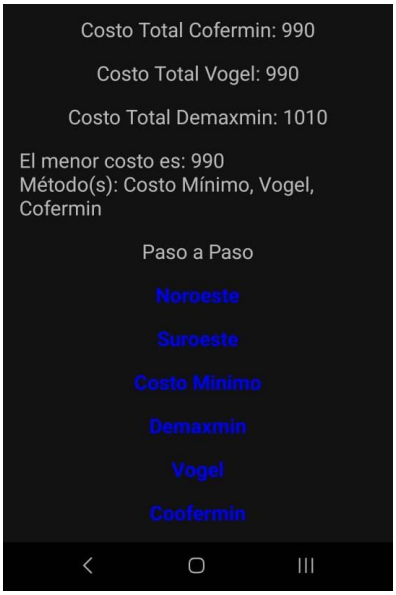
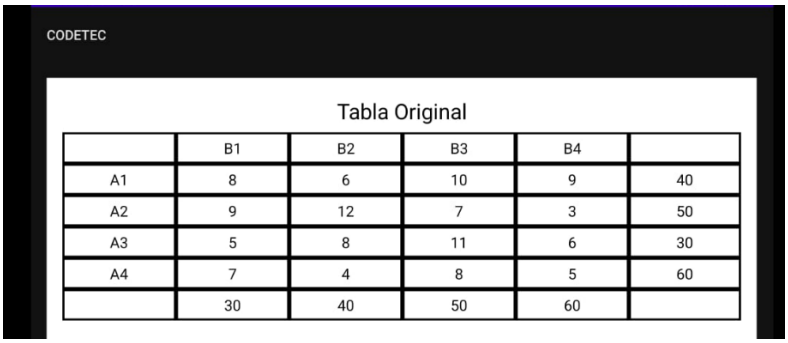


Figura 7. Costos totales 2/2 y los enlaces para ver paso a paso de cada método. Fuente: Elaboración propia.

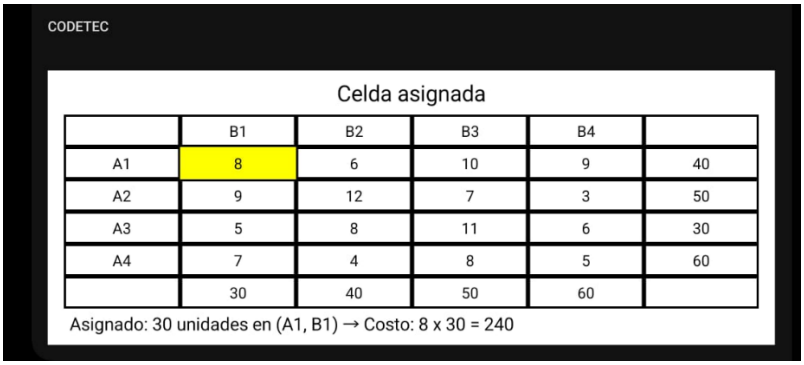
En la figura 8 se puede visualizar los costos totales 2/2, además del cual de los 3 métodos heurísticos y las 3 propuestas obtuvo u obtuvieron el menor costo y los enlaces para ver los paso a paso.



	B1	B2	B3	B4	
A1	8	6	10	9	40
A2	9	12	7	3	50
A3	5	8	11	6	30
A4	7	4	8	5	60
	30	40	50	60	

Figura 8. Primera tabla de paso a paso Fuente: Elaboración propia.

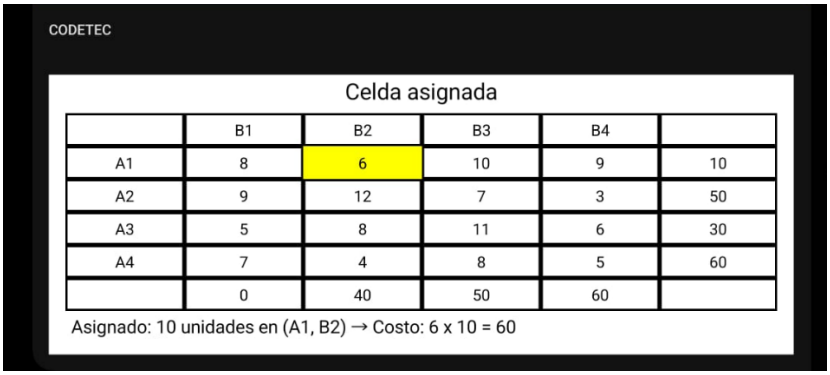
En la figura 8 muestra la primera tabla del paso a paso que se encuentra en una vista pasiva, la tabla que muestra es la Original que el usuario los datos en la celda o ya sea que fue llenada de manera aleatoria.



	B1	B2	B3	B4	
A1	8	6	10	9	40
A2	9	12	7	3	50
A3	5	8	11	6	30
A4	7	4	8	5	60
	30	40	50	60	

Figura 9. Primera iteración Fuente: Elaboración propia.

En la figura 9 se puede observar la primera iteración que muestra el paso a paso, en este caso se eligió ver el paso a paso de Noroeste, y debajo de la tabla muestra cuanto se le asigno en la celda con sus respectivas coordenadas, además de la multiplicación del costo de la celda por lo asignado y su resultado de la multiplicación, este proceso continua hasta que ya no haya más ofertas y demandas por satisfacer.



	B1	B2	B3	B4	
A1	8	6	10	9	10
A2	9	12	7	3	50
A3	5	8	11	6	30
A4	7	4	8	5	60
	0	40	50	60	

Figura 10. Segunda iteración Fuente: Elaboración propia.

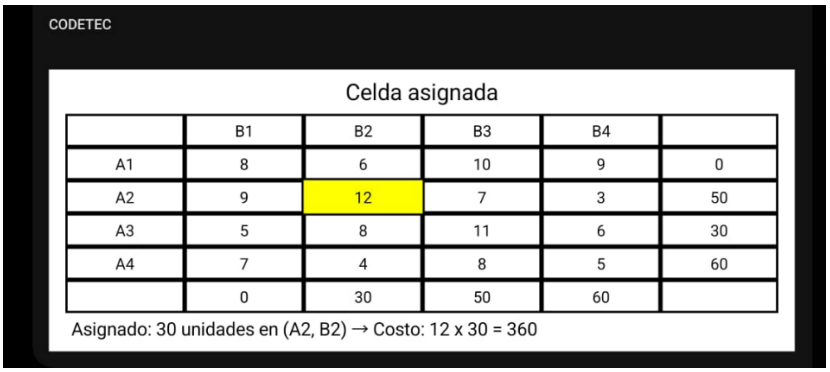


Figura 11. Tercera iteración Fuente: Elaboración propia.

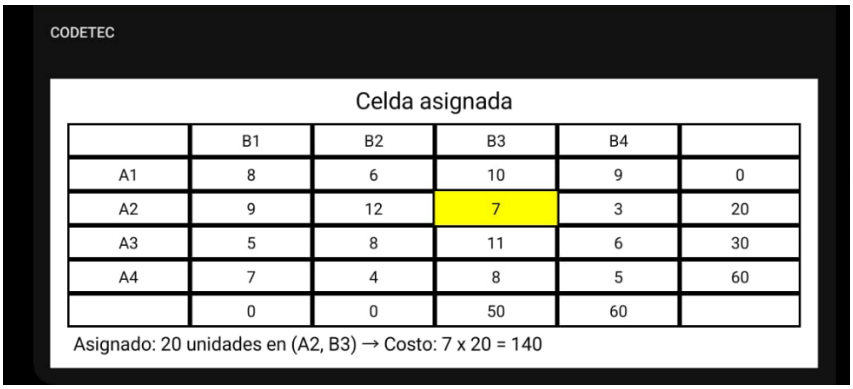


Figura 12. Cuarta iteración Fuente: Elaboración propia.

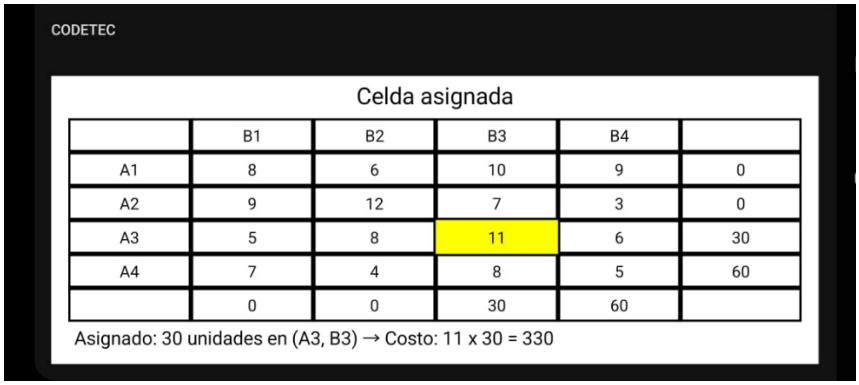


Figura 13. Quinta iteración Fuente: Elaboración propia.

Como última iteración muestra el costo total cada costo de las celdas asignadas multiplicadas por la máxima oferta disponible y al último el resultado de toda la suma de esas multiplicaciones.

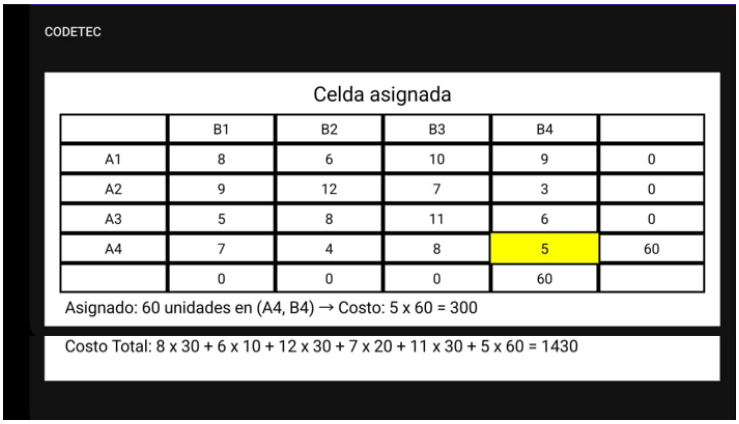


Figura 14. Muestra el costo total cada costo.

El proyecto resalta la importancia y la complejidad asociada con la selección del método heurístico más adecuado para resolver un problema de transporte. La falta de certeza sobre cuál método es el más efectivo subraya la necesidad de una investigación continua y el desarrollo de métodos heurísticos más avanzados y adaptables que puedan abordar las complejidades específicas del problema en tiempo real.

Se propone que la aplicación móvil podrá ayudar a los usuarios a tomar decisiones eficientes en la resolución de problemas de transporte utilizando los diferentes métodos heurísticos.

Referencias bibliográficas.

Comunicacion. (2018, 30 abril). Quienes somos – Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. https://www.tuxtla.tecnm.mx/quienes-somos/

Garzón Espinosa, C. P., & Llumiquinga Pachacama, D. A. (2019). Modelo de simulación para la optimización de rutas de transporte para recolectores de basura en la ciudad de salcedo (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).) http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5437

Hernández Molina, S. M. (2022). Investigación Método Cruce de Arroyo . INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ, Veracruz. Obtenido de https://www.coursehero.com/file/116595838/Tarea-33pdf/?userType=student

Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). Introducción a la investigación de operaciones (9ª ed.). McGraw-Hill.

Pacheco Molina, A. M. (2019). Propuesta de una red de transporte para atender la demanda de clientes aplicando el método de costo mínimo. [Examen Complexivo, Universidad Técnica de Machala].

Sánchez Gallegos, J. L. S. G. (2020). Determinación de un modelo de transporte en las plantas procesadoras de cajas de naranjas [Examen complexivo, UTMACH FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD].

Sánchez Guerrero, G. D. L. N., & Balderas Cañas, P. E. (2015). Ingeniería de sistemas: metodologías y técnicas. Plaza y Valdés. https://elibro.net.

Información de los autores.

Erick Alexis Velasco Montes de Oca. Ingeniero en Sistemas Computacionales titulado por la Tesis "Desarrollo de una aplicación móvil para los métodos de transporte de investigación de operaciones", el día 30 de septiembre del 2025, Participó como Integrante del equipo de Soporte Técnico en el Departamento de Centro de Cómputo para realizar mantenimiento correctivo y preventivo en los equipos del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, configurando equipos de cómputo en laboratorios, actualizando e instalando programas Trabajo (enero-junio del año 2024).

Roberto Cruz Gordillo obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en electrónica por parte del INAOE (instituto de Astrofísica Óptica y Electrónica) en 2004, Actualmente es profesor de tres cuartos de tiempo en la carrera de sistemas computacionales. Su área de especialización son aplicaciones en matemáticas educativa y didáctica actualmente enfocado en el desarrollo de nuevos métodos heurísticos y logísticos de aplicaciones en el área de ciencias básicas: fisicapp (2021), logicapp (2023), estadisticapp (2024), nolinealpps (2025) y también procesos de toma de decisiones en la cadena de suministros, en la distribución de bienes y servicios y en transporte en el diseño y optimización de costos y tiempos con las aplicaciones mediatech (2022), CODETEC (2024).

Jorge William Figueroa Corzo obtuvo el grado de Doctor en Administración en 2016, Actualmente es profesor de tiempo completo del Tecnológico Nacional de México (campus Tuxtla Gutiérrez, Chiapas), además es Maestro en Administración e Ingeniero en Sistemas Computacionales. Su área de especialización es toda la línea Investigación y la cultura empresarial. Profesor con Perfil Deseable (PRODEP) desde el 2020.

Alicia González Laguna es Licenciada en Computación por la Universidad Autónoma de Tabasco (UJAT) y Maestra en Comunicación y Tecnologías Educativas por el Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa (ILCE). Con casi tres

décadas de experiencia docente en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, ha impartido asignaturas de programación, ingeniería de software y estructuras de datos. Ha ocupado diversos cargos académicos y administrativos, y cuenta con certificaciones en programación orientada a objetos y tecnologías educativas. Se ha distinguido por el desarrollo de software educativo registrado ante el INDAUTOR, orientado a facilitar la comprensión de conceptos de programación y UML. Su labor combina la experiencia técnica con la innovación pedagógica, lo que le ha permitido apoyar la formación integral de generaciones de estudiantes en el área de sistemas computacionales.

Mónica Laurent León Juárez obtuvo la Maestría de Telecomunicaciones en el 2023. Actualmente es docente en el Tecnológico Nacional de México (campus Tuxtla Gutiérrez, Chiapas), estudio la Carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Ha colaborado en la misma carrera en los campus de Frontera Comalapa y Comitán. Ha participado en eventos académicos como son: Expociencia en etapa Estatal y Nacional, InnovaTecnm Etapa local y Regional y en WERMéxico Etapa local y Nacional.