

# Optimización de rutas en el transporte de personas para la pequeña y mediana empresa

Villagra A., Villagra S., Alancay N., Rasjido J., Pandolfi D.

Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEem)

Instituto de Tecnología Aplicada - Unidad Académica Caleta Olivia

Universidad Nacional de la Patagonia Austral

{avillagra, svillagra, nalancay, jrasjido, dpandolfi}@uaco.unpa.edu.ar

## Resumen

El transporte juega un papel importante en las tareas de logística de muchas compañías, ya que normalmente representa un alto porcentaje del valor añadido a los bienes. Por tanto, la utilización de métodos computacionales en el transporte suele producir ahorros sobre su costo total. Varias compañías de transporte utilizan métodos manuales, a veces basados en la experiencia de los expertos, para la planificación de sus operaciones. En otros casos se utilizan reglas heurísticas para mejorar la planificación manual. Sin embargo, solo el uso de modernas técnicas de optimización permite abordar problemas de alta complejidad.

El diseño y optimización de rutas utilizando computación inteligente es ventajoso en cualquier ámbito y situación para cualquier tipo de usuario, en especial para las empresas de transporte cuyas pérdidas y ganancias se basan en la distribución óptima tanto del tiempo, como del combustible, que están directamente relacionadas con la distancia recorrida.

En el presente trabajo se describe la investigación abordada en el campo de las metaheurísticas para resolver este problema principalmente aplicando algoritmos híbridos basados en el algoritmo genético celular (cGA) y en la optimización basada en colonia de hormigas (*Ant Colony Optimization* o sus siglas en inglés ACO).

**Palabras clave:** Algoritmos Genéticos Celulares, Hibridación, Metaheurísticas, Optimización Basada en Colonia de hormigas, Problemas de Ruteo de Vehículos.

## Contexto

La línea de investigación presentada en este documento se lleva a cabo en el Laboratorio de Tecnologías Emergentes (LabTEem) de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Caleta Olivia. En el marco del programa del Ministerio de Educación Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) en el “Programa Universidad y Transporte” a través del Proyecto de I&D denominado “Optimización de rutas de transporte de personas para la pequeña y mediana empresa”. Código 32-64-122. Resolución Nro. 3332/15

## Introducción

En la vida cotidiana existe la necesidad de transportar personas u objetos de un lugar a otro. Dentro de los procesos requeridos para suplir esta necesidad se encuentra el de definir las rutas que deben realizar los vehículos. Las decisiones tomadas en la definición de las rutas pueden implicar un gran ahorro o desperdicio de recursos en la labor del transporte, por lo cual, este proceso tiene una gran relevancia en la cadena de abastecimiento. Algunas de las situaciones de la vida cotidiana en las que se requiere planear y programar el ruteo de

vehículos son las siguientes: empresas productoras, empresas de transporte de bienes, mensajería, transporte de desechos, empresas de transporte de personas, transporte escolar, empresas de transporte de valores, etc.

Existen varios métodos para la optimización de redes logísticas centradas en el transporte urbano de personas y objetos como por ejemplo: TSP (*Traveling salesman problem*), CPP (*Chinese postman problem*) y finalmente el VRP (*Vehicle routing problem*). En esta línea de investigación nos centraremos en este último.

El VRP consiste en generar rutas de reparto dado una cantidad de clientes por atender, un conjunto de vehículos de reparto y un punto de origen, permitiendo minimizar ciertos factores que ayuden a la empresa a obtener beneficios [6][14].

El interés de este problema viene dado por dos causas principales. Por un lado, el VRP es un problema *NP-duro* [15] y de alto interés académico debido a su dificultad en las restricciones que incluye, y en la multitud de variantes existentes. Por otro lado, muchos problemas del mundo real pueden ser visualizados (o concebidos) como variantes de VRP. Existe una evolución constante en la calidad de las metodologías empleadas para resolverlo, tanto algoritmos exactos como métodos heurísticos (secuenciales y paralelos). Debido a la dificultad que presenta el problema, no existe ningún método exacto capaz de resolver instancias de más de 50 clientes [20].

Algunas de las metaheurísticas más comúnmente utilizadas en el VRP y sus variantes son por ejemplo, los Algoritmos Genéticos (AGs) [10] que han tenido éxito en resolver problemas de ruteo de vehículos, corte de empaquetado (*Strip Packing*), entre muchos otros.

## Líneas de investigación y desarrollo

En esta sección se describe la línea de investigación que se lleva a cabo en el proyecto.

El concepto de optimización puede verse como el proceso de encontrar y mejorar el rendimiento de una aplicación o dispositivo a partir de determinados cambios lógicos o físicos.

Las técnicas aproximadas, llamadas metaheurísticas, consisten básicamente en la combinación de métodos heurísticos básicos en plataformas de más alto nivel con el fin de explorar el espacio de búsqueda de una forma eficiente y efectiva. En [5] se pueden encontrar recopiladas varias definiciones de metaheurísticas dadas por diferentes autores. Entre algunas metaheurísticas podemos nombrar: *Simulated Annealing* [12], *Scatter Search* (SS) [9], procedimiento de búsqueda adaptativo aleatoriamente voraz (*Greedy Randomized Adaptive Search Procedure-GRASP*) [17], búsqueda por vecindario variable (*Variable Neighborhood Search-VNS*) [11], y otros basados en una población, tales como algoritmos evolutivos (AEs) [3], optimización por colonia de hormigas [7], optimización por cúmulo de partículas (*Particle Swarm Optimization-PSO*) [8], las cuales se abordarán en esta línea de investigación.

En los últimos años se han obtenido buenos resultados en muchos problemas de optimización clásicos y de la vida real utilizando metaheurísticas híbridas. Talbi en [18] y [19] propone una taxonomía para algoritmos híbridos y presenta dos clasificaciones para este tipo de algoritmos: jerarquizada y plana. Esta clasificación establece esquemas híbridos específicos en donde, en general, diferentes algoritmos son combinados de acuerdo a ciertos criterios. Sin embargo, en esta línea se pretende

brindar una perspectiva diferente al esquema híbrido planteado previamente. Más precisamente, se pretende crear algoritmos cuya construcción siga criterios similares a los establecidos para diseñar algoritmos híbridos, pero incorporando componentes de los algoritmos antes que al algoritmo como un todo. Tomando en una primera etapa como anfitriones a cGA y ACO.

En cuanto a las metaheurísticas celulares [1] se basan en el concepto de vecindario. La exploración y la difusión de las soluciones, al resto de la población, se produce debido a que los vecindarios están solapados, lo que produce que las buenas soluciones se extiendan lentamente por toda la población. Aparte de estos modelos básicos, en la literatura también se han propuesto modelos híbridos donde se implementan esquemas de dos niveles.

En lo relacionado a ACO aplicado a VRP y sus variantes existen diversos trabajos como por ejemplo [2, 4, 13 y 23]. Se analizarán las propuestas con el objetivo de detectar fortalezas y debilidades para proponer mejoras.

Por lo tanto, es un desafío la exploración de algunas variantes de problema, la búsqueda de metodologías y estrategias de solución.

## **Resultados obtenidos/esperados**

Durante los últimos años el grupo ha analizado, hibridado y comparado distintas metaheurísticas para resolver el problema de VRP. Utilizamos un algoritmo genético simple AG, el algoritmo MCMP-SRI como algoritmo base, y propuestas híbridas [16 y 21].

Hemos realizado un estudio sobre un mecanismo de hibridación basado en el concepto de componentes activas que definimos como la “esencia” de una metaheurística. En otras palabras, aquellas

partes de una metaheurística que caracterizan su comportamiento en cuanto a la forma que exploran el espacio de búsqueda. Además, hemos definido una metodología para su identificación y su posterior aplicación en una metaheurística anfitriona, en nuestro caso el cGA [22]. Hemos trabajado con PSO, SA y SS identificando componentes activas utilizando la metodología propuesta. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, podemos decir que los algoritmos híbridos propuestos lograron un alto porcentaje de éxito en la obtención del valor óptimo. Estos resultados nos alientan a expandir el conjunto de problemas, en particular a variantes de VRP. Además de extender y mejorar la metodología para identificar componentes activas y aplicarlas a diferentes metaheurísticas anfitrionas.

El proyecto tiene como objetivo optimizar en tiempo y distancia el recorrido de las rutas de transporte a través de la utilización de diferentes técnicas de inteligencia computacional que impacta directamente sobre los costos de las pymes.

Particularmente, el desarrollo de una herramienta para la gestión de rutas, mediante algoritmos metaheurísticos híbridos, para obtener un recorrido óptimo de transporte de personas para pymes de la zona Norte de la provincia de Santa Cruz.

## **Formación de recursos humanos**

Un integrante de este proyecto de investigación está desarrollando su Tesis de Doctorado en temáticas afines.

Un integrante ha comenzado su Maestría orientando sus cursos y trabajos a esta línea de investigación.

Se cuenta con un becario de investigación de grado.

## Referencias

- [1] Alba E. y Dorronsoro B. *Cellular Genetic Algorithms*. Springer 2008.
- [2] Aziz E., An Algorithm for the Vehicle Problem, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, Vol. 7, No. 2, 2010, pp. 125-132.
- [3] Bäck T., Fogel D., y Michalewicz Z., editors. *Handbook of Evolutionary Computation*. Oxford University Press, 1997.
- [4] Balseiro S., Loiseau I. and Ramone J., An Ant Colony Algorithm Hybridized with Insertion Heuristics for the Time Dependent Vehicle Routing Problem with Time Windows, *Computers & Operations Research*, 2011, pp. 954-966. doi:10.1016/j.cor.2010.10.011.
- [5] Blum C. y Roli A. Metaheuristics in combinatorial optimization: Overview y conceptual comparison. *ACM Computing Surveys*, 35(3):268–308, 2003.
- [6] Christofides, N., Mingozzi A. y Toth P. The vehicle routing problem. *Reveu française d'automatique d'informatique et de recherche opérationnelle. Journal Combinatorial Optimization*. 1:315–338, 1979.
- [7] Corne D., Dorigo M., Glover F., editors. The ant colony optimization metaheuristic. *New Ideas in Optimization*, pages 11–32. McGraw Hill, 1999.
- [8] Eberhart R. y Kennedy J. A new optimizer using particles swarm theory. In *Sixth International Symposium on Micro Machine y Human Science* (Nagoya, Japan), IEEE Service Center, Piscataway, pages 39–43, 1995.
- [9] Glover F. Heuristics for integer programming using surrogate constraints. *Decision Sciences*, 8:156-166, 1977.
- [10] Goldberg, D. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley. 1989.
- [11] Hansen P. y Mladenovic N. Variable neighborhood search for the p-median. *Location Science*, 5(4):207–226, 1997.
- [12] Kirkpatrick S, Gelatt J, Vecchi M. Optimization by Simulated Annealing. *Science* 220:671–680, 1983.
- [13] Kumar S. and Panneerselvam R. A survey on the vehicle routing problem and its variants. *Intelligent Information Management*, 4(3) 66-74 <http://dx.doi.org/10.4236/iim.2012.43010> Published Online May 2012.
- [14] Laporte, G. The vehicle routing problem: An overview of exact and approximate algorithms. *European J. Operational Research*. 59:345-358, 1992.
- [15] Lenstra J.K. y Rinnooy Kan A.H.G., “Complexity of vehicle routing y scheduling problems,” *Networks*. 11:221–227, 1981.
- [16] Mercado V., Villagra A., Pandolfi D., Leguizamón G. Algoritmos Evolutivos multirecombinativos híbridos aplicados al problema de ruteo de vehículos con capacidad limitada. XIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2013. Mar del Plata. ISBN 978-987-23963-1-2.
- [17] Resende M. y Ribeiro C. *Handbook of Metaheuristics*, chapter Greedy randomized adaptive search procedures, pages 219–249. Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [18]. Talbi, E.-G. A taxonomy of hybrid metaheuristics. *Heuristics, Journal of heuristics*, 8(5):541–564, 2002.
- [19]. Talbi, E.-G. *Metaheuristics: From design to Implementation*. Wiley, 2009.
- [20] Toth P. y Vigo D., *The Vehicle Routing Problem*, Monographs on Discrete Mathematics y Applications. SIAM, Philadelphia, 2001.
- [21] Villagra A., Pandolfi D., Rasjido J., Mercado V. Hibridación de Metaheurísticas aplicadas al problema de ruteo de vehículos con capacidad uniforme. IX Seminario Euro Latinoamericano de Sistemas de Ingeniería. Venezuela. Noviembre 2013.

[22] Villagra A., Leguizamón G., and Alba E. Active components of metaheuristic in cellular genetic algorithms. *Soft Computing*, pages 1-15, 2014.

[23] Yu B. and Yang Z. An Ant Colony Optimization Model: the Period Vehicle Routing Problem with Time Windows. *Transportation Research Part E*, Vol. 47, 2011, pp. 166-181.