

TÉCNICAS DE MÚLTIPLE GENERACIÓN DE SOLUCIONES INICIALES EN PROBLEMAS DE PRVC

Silvia B. Simón, José E. Demaldé, Tadeo M. Rotti., David A. Palumbo

*Grupo de Optimización, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto, Campus
Universitario, 5800 Río Cuarto, Argentina, gop@ing.unrc.edu.ar, <http://www.unrc.edu.ar>*

Palabras Clave: Optimización, PRVC, búsqueda local, metaheurísticas.

Resumen. En este trabajo se presenta una metodología para la búsqueda de soluciones iniciales en problemas que incluyen la construcción del conjunto de rutas óptimas, que se describe como un problema de ruteo de vehículos con restricciones de capacidad (PRVC). El PRVC puede ser formulado como un problema de programación lineal entera mixta (MILP) y está catalogado como NP-duro. Se propone obtener un grupo de soluciones factibles mediante técnicas metaheurísticas que son refinadas por algoritmos exactos donde las mismas pueden ser utilizadas por aquellos algoritmos que lo requieran. Por ejemplo: “Búsqueda Tabú”, “Recocido Simulado”, entre otros. Se presenta la metodología y su desempeño para resolución de diferentes problemas test extraídos de la literatura.

1 INTRODUCCIÓN

Los problemas PRV, de ruteo de vehículos, abarcan diversos tipos, entre los cuales se encuentran los problemas con restricciones de capacidad (PRVC). Dichos problemas son aquellos que básicamente consisten en un grupo determinado de clientes con diversas demandas, las cuales deben ser satisfechas con un conjunto de K camiones de igual capacidad. Se busca entonces, el conjunto de rutas que cubra las demandas de los clientes, sin violar las restricciones de capacidad, optimizando algún criterio de desempeño, como ser distancia recorrida, costos de transporte, u otros.

Este tipo de problemas presenta considerables dificultades a la hora de resolverlos ya que pertenece a la clase NP-duros. Esto hace que los tiempos de cómputo para realizar una resolución con métodos exactos sean extremadamente elevados si los problemas son de grandes dimensiones (Aarts y Lenstra, 2003; Flisberg, 2009).

Ocurre que los problemas de estas características que encontramos en la vida real son de gran tamaño, lo que conlleva que obtener una solución mediante métodos exactos sea impracticable. Por ello se propone en la bibliografía la utilización de métodos heurísticos (Simón Silvia, 2012).

El objetivo de este trabajo es, mediante métodos metaheurísticos, obtener un conjunto amplio de soluciones iniciales. Las mismas se logran generando soluciones factibles mediante técnicas metaheurísticas las cuales son posteriormente optimizadas por algoritmos exactos de TSP (Traveling Salesman Problem).

La razón de por qué se buscan múltiples soluciones iniciales es para evitar el estancamiento de la solución en un mínimo local. De modo que al tener muchas soluciones iniciales, disminuya la probabilidad de que ello ocurra (Tirado Gregorio, 2010).

La aplicación de este trabajo se encuentra en aquellos algoritmos que para su funcionamiento requieren de un conjunto de soluciones iniciales; ya que de esta manera se proveen no solo dichas soluciones, sino que las soluciones son buenas, si bien no óptimas.

Pueden mencionarse entre los algoritmos anteriormente mencionados Tabú Search, Simulated annealing, algoritmos genéticos (Cervantez Posada Mariamar, 2010), y Generación de Columnas (Duarte Alleuy Blas Ernesto, 2009). También, en algoritmos poblacionales inspirados en los mecanismos de atracción repulsión entre partículas cargadas en campos electromagnéticos (Yurtukuran y Emel, 2010).

2 BÚSQUEDA DE SOLUCIONES INICIALES.

La resolución exacta del PRVC utilizando paquetes comerciales, es eficiente para instancias de tamaño pequeño o medio del mismo. En el caso de problemas de gran escala, como los que se encuentran en las aplicaciones reales, dicha eficiencia decae, en el sentido de poder encontrar óptimos globales en tiempos razonables. Sin embargo es posible identificar soluciones subóptimas, es decir conjuntos de rutas factibles de bajo costo, en un tiempo de cómputo aceptable (Simón Silvia, 2012).

Como se mencionó anteriormente, el objetivo de este trabajo, es obtener un conjunto de soluciones iniciales de buena calidad, para aquellos algoritmos que así lo requieran, en tiempos de cómputo aceptables.

Para ello, al problema de PRVC se lo divide en dos fases. La primera fase, consiste en la agrupación de los clientes (cluster), mediante técnicas metaheurísticas, de forma tal que se cumpla con las restricciones de capacidad. La segunda fase, es el enrutamiento de dichos clusters con un modelo exacto, más precisamente TSP.

2.1 Método raíz metaheurístico y generación de nuevas técnicas

En la primera fase, se utiliza un conjunto de técnicas metaheurísticas, que fueron desarrolladas en el entorno de MatLab, valiéndose de la técnica de barrido como algoritmo matriz. A dicha técnica, se le realizan una serie de modificaciones de tal manera que se obtienen nuevas metaheurísticas, las cuales generan diferentes conjuntos de soluciones.

Se ha de tener en cuenta que en toda la metodología utilizada, se ubican los clientes en un sistema de ejes cartesianos bidimensional, teniendo la particularidad de que el almacén se encuentra en el origen de coordenadas.

2.1.1 Algoritmo de barrido

En la heurística de barrido, los clusters se forman girando una semirrecta con origen en el depósito e incorporando los clientes “barridos” por dicha semirrecta hasta que se viole la restricción de capacidad (Daza Julio Mario, 2009).

2.1.2 Modificaciones

Se propone una serie de modificaciones para conformar nuestro algoritmo al que llamaremos *Anulum*.

A partir de un cliente seleccionado aleatoriamente, los clusters se forman, en lugar de barriendo con una semirrecta, haciéndolo con una porción de anillo que se expande progresivamente, hasta tomar otro cliente. Esto se repite a partir del último cliente seleccionado hasta violar la restricción de capacidad. Los clientes seleccionados, se asignan al actual cluster y progresivamente son eliminados de la lista de clientes que restan ser asignados.

Finalmente se selecciona un nuevo primer cliente para la próxima ruta, repitiéndose el algoritmo tantas veces como camiones existan.

Lo que hace atractivo a este algoritmo, es que consta de diversos módulos con parámetros modificables.

Estos módulos, pueden resumirse en uno que agrupa los clientes y otro que contiene el criterio de selección del primer cliente del próximo cluster.

De esta forma, la diversificación de soluciones iniciales es controlable en función de la cantidad de parámetros que se quieran modificar.

2.1.3 Parámetros modificables en el algoritmo

2.1.3.1 Factores de forma:

El semianillo fue caracterizado por un triángulo de base h compuesto por dos triángulos rectángulos colindantes. El radio menor del mismo resulta de la diferencia entre la altura del triángulo y el parámetro b ; y el radio mayor es determinado por trigonometría.

Puede verse en la siguiente figura como se compone el semianillo.

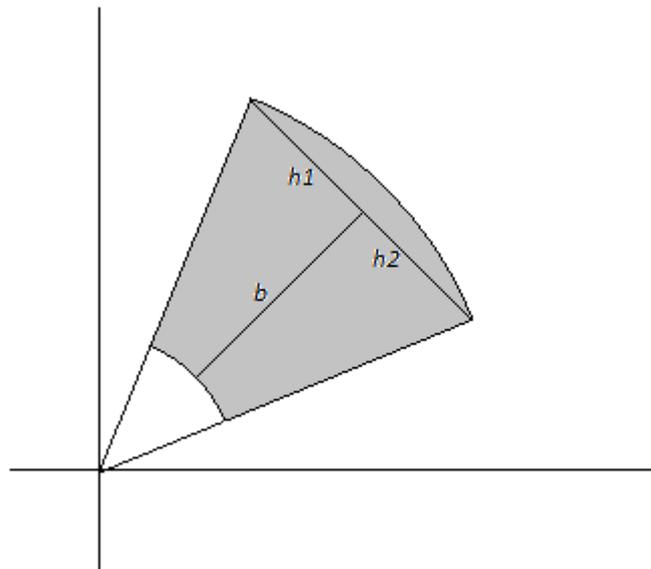


Figura 1. Semianillo simétrico

Se definen los siguientes factores de forma:

- F1: factor de forma de proporción que relaciona h con b , siendo

$$h = h1 + h2$$

$$f1 = \frac{h}{b} \quad (1)$$

- F2: factor de forma de simetría que relaciona $h1$ con $h2$.

$$f2 = \frac{h1}{h2} \quad (2)$$

Los factores de forma se mantienen constantes durante la ejecución del módulo de agrupación.

El modulo funciona variando el parámetro b de manera que el semianillo aumente o disminuya progresiva y uniformemente (debido a factores de forma constantes) hasta que se encierre un solo cliente.

Se propone acceder al módulo reiteradas veces modificando los factores de forma de modo que el semianillo tenga, para cada corrida, proporciones diferentes y de esta manera incorporar clientes a la ruta de manera distinta.

En el caso de que $f2$ tome el valor 1 ($h1$ y $h2$ sean iguales), el semianillo se corresponde a un triángulo isósceles circunscrito en una circunferencia la cual determina el radio mayor.

Si lo anteriormente mencionado no ocurre, nos encontramos ante la presencia de dos triángulos rectángulos de distinta base. En este caso, cada triángulo aporta el radio mayor según su hipotenusa, generando dos semianillos colindantes.

Con la finalidad de ejemplificar lo anterior, para una mejor comprensión, puede verse en la Figura 2 la situación especificada.

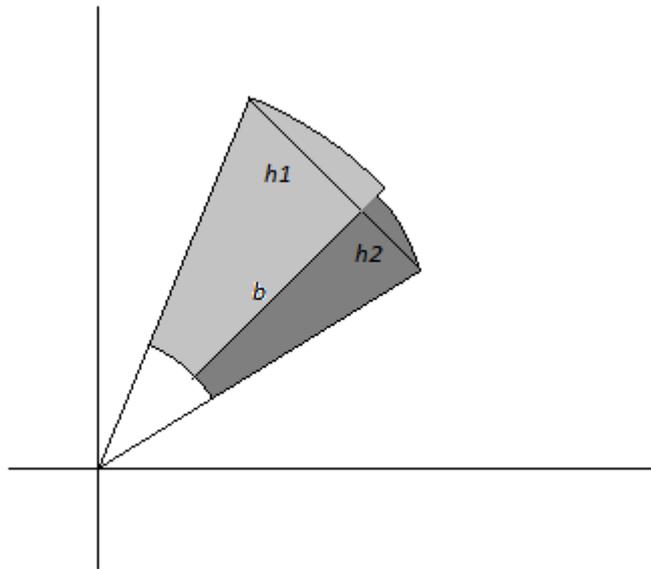


Figura 2: Semianillo asimétrico

2.1.3.2 Selección del primer cliente de la ruta posterior

El módulo de selección del cliente consta de tres formas de selección diferentes. Este módulo es el que aporta la riqueza al algoritmo, ya que al seleccionar el primer cliente del siguiente cluster de formas diferentes, se obtiene una amplia diversidad de soluciones.

Las tres formas de selección son:

- Selección horaria; donde el primer cliente de la ruta posterior es el que tiene el menor ángulo en sentido horario, con respecto al eje de las abscisas positivo.
- Selección anti horaria; donde el primer cliente de la ruta posterior es el que tiene el menor ángulo en sentido antihorario, con respecto al eje de las abscisas positivo.
- Selección mixta; donde se elige de forma aleatoria, la selección horaria o antihoraria para la determinación del primer cluster. Los clusters subsiguientes son formados alternando la selección horaria o antihoraria según corresponda.

Nota: En el caso en que, al ejecutarse el barrido, exista la posibilidad de que se tome más de un cliente, debe recurrirse a algún algoritmo de escape. En este caso se opta por tomar el primer cliente más cercano al anteriormente asignado.

2.2 Enrutamiento de los clusters

La segunda fase de la resolución del problema, consiste en el enrutamiento de los clusters generados por *Anulum*.

Para esto, se recurrió a la adaptación de un modelo de la librería de GAMS para las dimensiones de los problemas a resolver.

Para la transferencia de datos, se utilizó una interface. Desde MatLab, mediante una función, se ejecutan archivos de Gams (Ferris Michael C., 2005).

En la Figura 3 puede verse un diagrama que representa todas las fases del algoritmo.

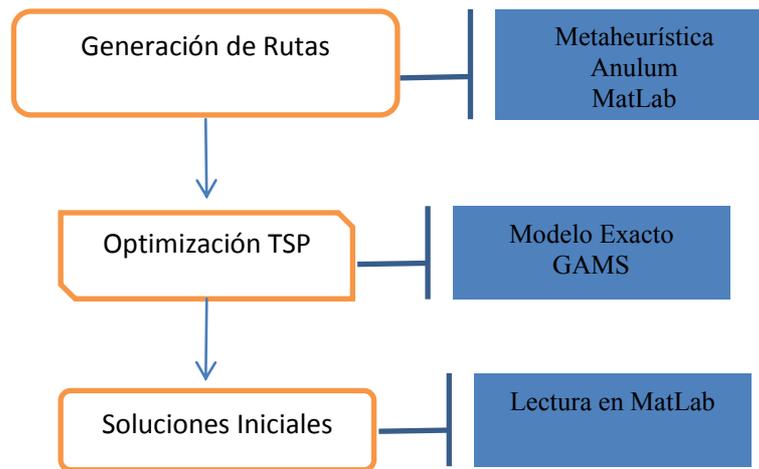


Figura 3. Diagrama de Bloque

3 IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

En la implementación de algoritmo, la primera fase, metaheurística, fue desarrollada en MatLab 7.12.0 (R2011.a). Para la segunda fase, de resolución exacta, se utilizó la interfaz con GAMS IDE 2.09. Todo esto para cada conjunto de clusters generados en las técnicas heurísticas.

El equipamiento utilizado es un procesador INTEL i3 CORE(IM) 3.07Ghz, sistema operativo Windows Seven 32bits.

Se seleccionaron un conjunto de problemas test con el fin de evaluar el funcionamiento de la metodología utilizada. Estos problemas fueron extraídos de THE VRP WEB.

Las características de cada problema y los resultados se muestran a continuación.

Debe saberse que del total de soluciones generadas se optimiza el mejor %25.

Problema	Soluciones Totales Generadas	Mejor solución	Óptimo de referencia	GAP%	Tiempo (s)
GR_17_k3	1216	2728	2685	1.06	228.89
An_80_K10	1331	1919.17	1763	8.85	1681.39
P_76_k4	3882	619.305	593	4.45	1970.10
P_101_k4	7600	734.38	681	7.84	7686.60

Tabla 1: Resultados

Un ejemplo de cómo evoluciona el algoritmo, y su comparación con el óptimo de referencia se da a continuación. Para el Problema test GR_17_K3.

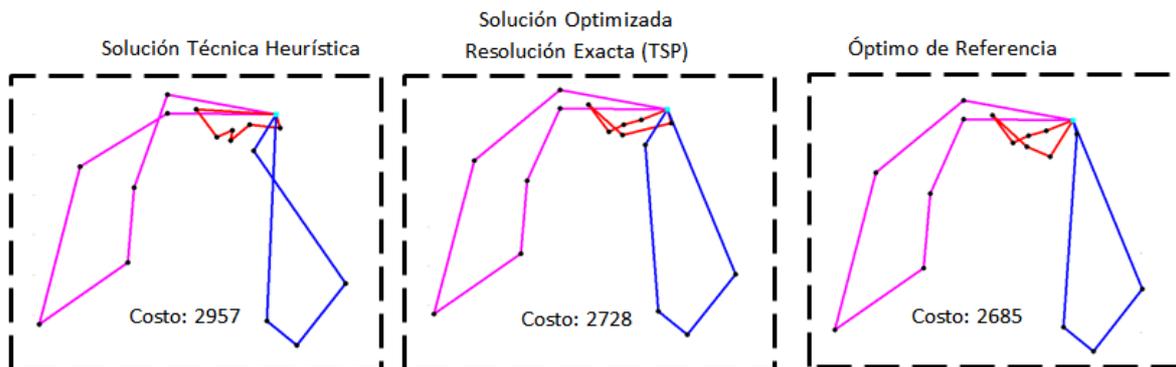


Figura 4: Grafos de evolución del problema GR_17_K3

4 CONCLUSIÓN

Se ha determinado que, en la evolución del algoritmo, no siempre las mejores soluciones metaheurísticas, conllevan a la mejor solución en su etapa de optimización exacta.

En las diferentes pruebas realizadas, se obtuvieron soluciones iniciales que distan aproximadamente un 10% de la solución óptima en tiempos razonables, según la dimensión del problema.

A partir de este trabajo, se prevé a futuro poder utilizar arcos óptimos de estas soluciones, los que son conservados en los próximos movimientos (inter e intra rutas) para la generación de soluciones óptimas.

REFERENCIAS

- Aarts y Lenstra. Search in combinational optimization. *John Wiley & Sons*, 2003.
- Alkın Yurtkuran, A.; Emel, E.; A new Hybrid Electromagnetism-like Algorithm for capacitated vehicle routing problems. *Expert Systems with Applications Vol. 37 p 3427–3433*, 2010.
- Cervantez Posada Mariamar. Nuevos métodos meta heurísticos para la asignación eficiente optimizada y robusta de recursos limitados. *Tesis doctoral, p 26-28*, 2010.
- Daza Mario. Resolución del problema de enrutamiento de vehículos con limitaciones de capacidad utilizando un procedimiento metaheurístico de dos fases. *Revista EIA, volumen 12 p 23-38. 1794-1237*, Diciembre 2009.
- Duarte Alleuy Blas Ernesto. Heurística basada en generaciones de columnas para el ruteo de vehículos con ventanas de tiempo y flotas homogénea, caso: cervecería Chile s.a. *Tesis doctoral*, 2009.
- Flinsberg Patrik. A hybrid method based on lineal programming and tabu search for routing of looging trucks. *Computers & opertations Research, Volume 36, Issue 4, p 1122-1144*, 2009.
- Simón, S.; Demaldé, J.; Hernández, J.; Carnero, M.; Optimización de recorridos para la recolección de residuos infecciosos. *Revista Información Tecnológica Vol 23. Trabajo n° 4590IT/11*, Julio-Agosto 2012 (revista en edición).
- Tirado Gregorio. Problema del viajante con múltiples pilas. *Tesis doctoral. 978-84-693-1844-7*, 2010.