

ALNS para el problema de ruteo con máxima cobertura y tiempo límite

Lic. Brenda Yaneth Sotelo Benítez, Dra. María Angélica Salazar Aguilar

brenda.sotelobn@uanl.edu.mx, maria.salazaragl@uanl.edu.mx



1. Introducción

Los problemas de ruteo de máxima cobertura tienen gran importancia en escenarios reales, cuando no es posible visitar a todas las localidades debido a que se tiene una restricción de tiempo y lo que se busca es cubrir a la mayor cantidad de clientes teniendo en cuenta estas limitaciones. En este trabajo se estudia el problema de ruteo de vehículos con máxima cobertura y tiempo límite, también conocido e introducido recientemente en la literatura como *Time Constrained Maximal Covering Routing Problem* (TCMCRP) para el cual se propone un algoritmo basado en un esquema ALNS (Adaptive Large Neighborhood Search) cuyo desempeño se evalúa en un conjunto de instancias tomadas de la literatura.



(a) Logística humanitaria



(b) Atención médica



(c) Transporte

Figura 1: Áreas de aplicación

2. Descripción del problema

Se presenta un problema de ruteo de vehículos en el cual se tiene un depósito central, un conjunto de vehículos y un conjunto de localidades, las cuales pueden cubrir a clientes que se encuentran dentro de un radio de cobertura dado. El problema consiste en determinar cuáles son las localidades a visitar y cuál será el orden de las visitas que deben realizar los vehículos disponibles, de tal forma que la duración total de cada ruta no exceda un tiempo límite y se cubra la mayor cantidad de clientes con las instalaciones visitadas.

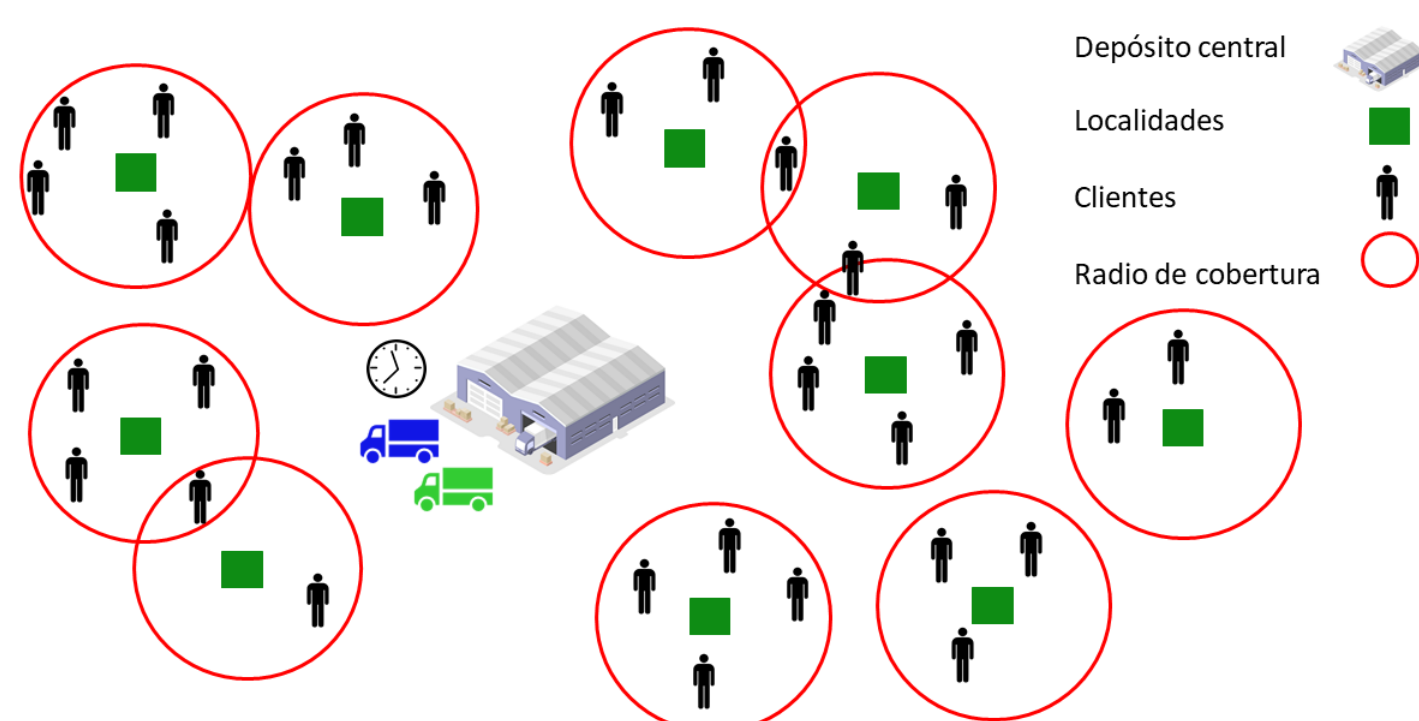


Figura 2: Ejemplo ilustrativo de instancia con 10 localidades, 2 vehículos y 30 clientes

3. Objetivo

Proponer e implementar una metodología ALNS para el diseño de rutas, de tal forma que se cubra la mayor cantidad de clientes.

4. Problema de Optimización

Maximizar el número de clientes cubiertos.

- Duración máxima de cada ruta.
- Salida y regreso al depósito central.
- Cada localidad puede ser visitada a lo más por un vehículo.
- Cada cliente puede ser asignado a lo más a una localidad que es visitada por un vehículo.
- Eliminación de sub-tours.

5. Método de solución

La búsqueda adaptativa de grandes vecindarios (ALNS) es una metaheurística propuesta por Ropke y Pisinger (2006) que permite el uso de múltiples operadores de destrucción y reparación, los cuales son seleccionados con una probabilidad, esta probabilidad se calcula de acuerdo al peso o puntuación que le sea asignado en base a su desempeño.

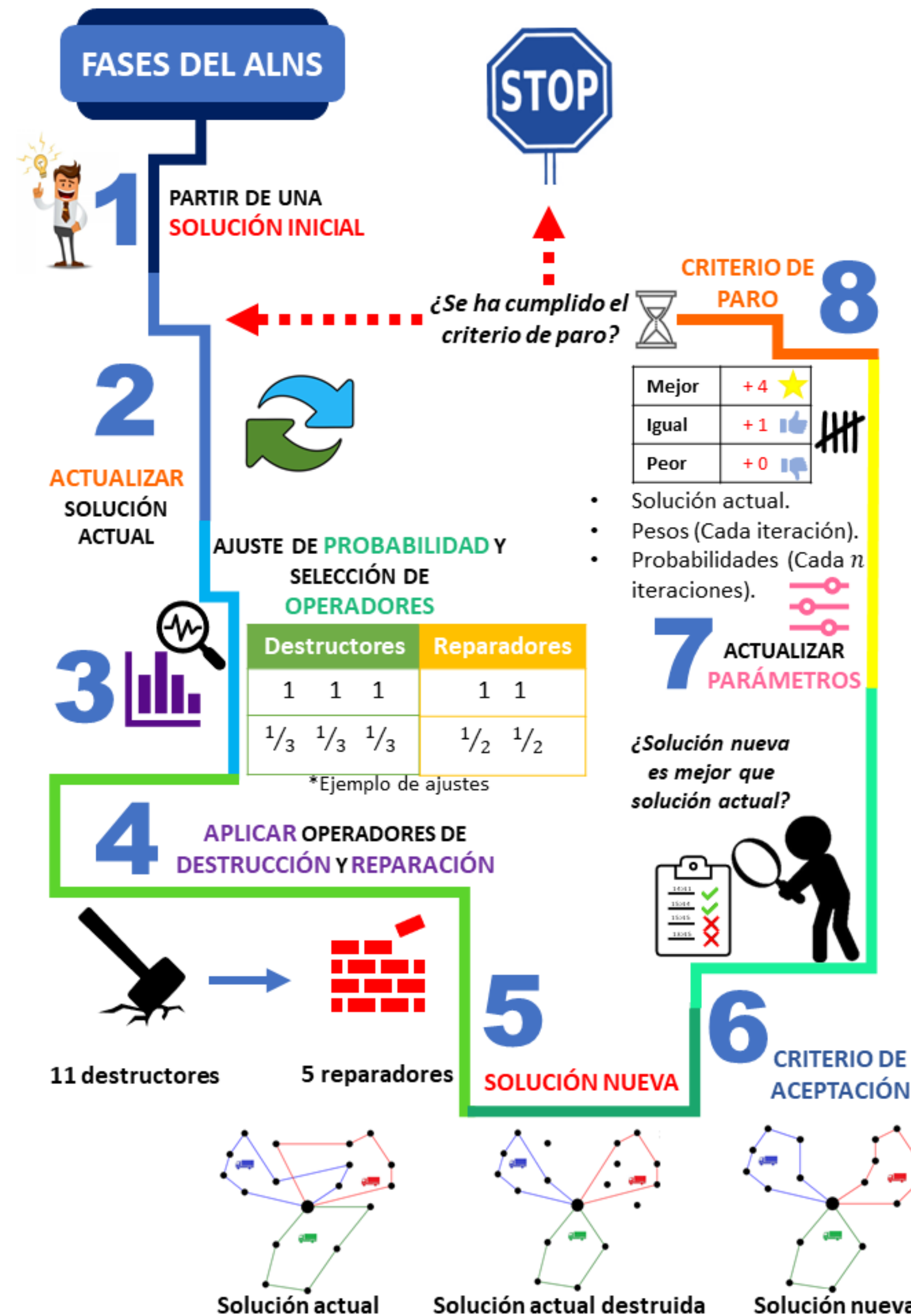


Figura 3: Descripción general del ALNS

6. Revisión de literatura

En el Cuadro 1 se muestra un resumen de los artículos relacionados y su método de solución.

Cuadro 1: Estado del arte relacionado al TCMCRP

Autores	Número de rutas	Capacidad	Visitas obligatorias	Tiempo límite	Método de solución
Chao et al. (1996)	Múltiples	No	No	Sí	LS
Ha et al. (2013)	Múltiples	No	No	Sí	Branch and bound y ELS
Schittekat et al. (2013)	Múltiples	Sí	No	No	GRASP
Naji-Azimi y Salari (2014)	Una	Sí	No	No	LS
Shaelaie et al. (2014)	Una	No	No	No	MA y VNS
Kammoun et al. (2015)	Múltiples	Sí	No	Sí	VNS
Ozbaygin et al. (2016)	Una	Sí	No	Sí	Branch and cut
Amiri y Salari (2018)	Múltiples	No	No	Sí	ILS, TS y VNS
Sinnl (2019)	Múltiples	No	No	Sí	Branch and cut

7. Recursos y software

La experimentación se llevó a cabo en una Workstation HP Z620 con procesador Intel Xeon(R) CPU E5-2620 v2 a 2.10 GHz y con memoria RAM de 64 GB, bajo un sistema operativo Ubuntu 16.04 LTS. En la Figura 4 se muestran los lenguajes de programación y recursos utilizados.



Figura 4: Recursos y software utilizados

8. Experimentación

Se cuenta con un conjunto de 80 instancias pequeñas, 53 medianas y 135 grandes que fueron proporcionadas por Amiri y Salari (2018).

Cuadro 2: Resultados del ALNS versus CPLEX para el modelo propuesto por Amiri y Salari (2018).

Instancias	Gap (%)			Tiempo (s)			Óptimos	
	Min	Prom	Max	Min	Prom	Max	CPLEX	A vs C
Pequeñas	0.00	0.30	7.41	0.60	1.36	3.19	77/80	73/77
Medianas	-7.14	-0.38	4.29	2.53	6.05	12.58	37/53	36/37
Grandes	-6.40	-0.11	0.00	4.64	44.21	162.90	89/135	89/89
Total							198/203	

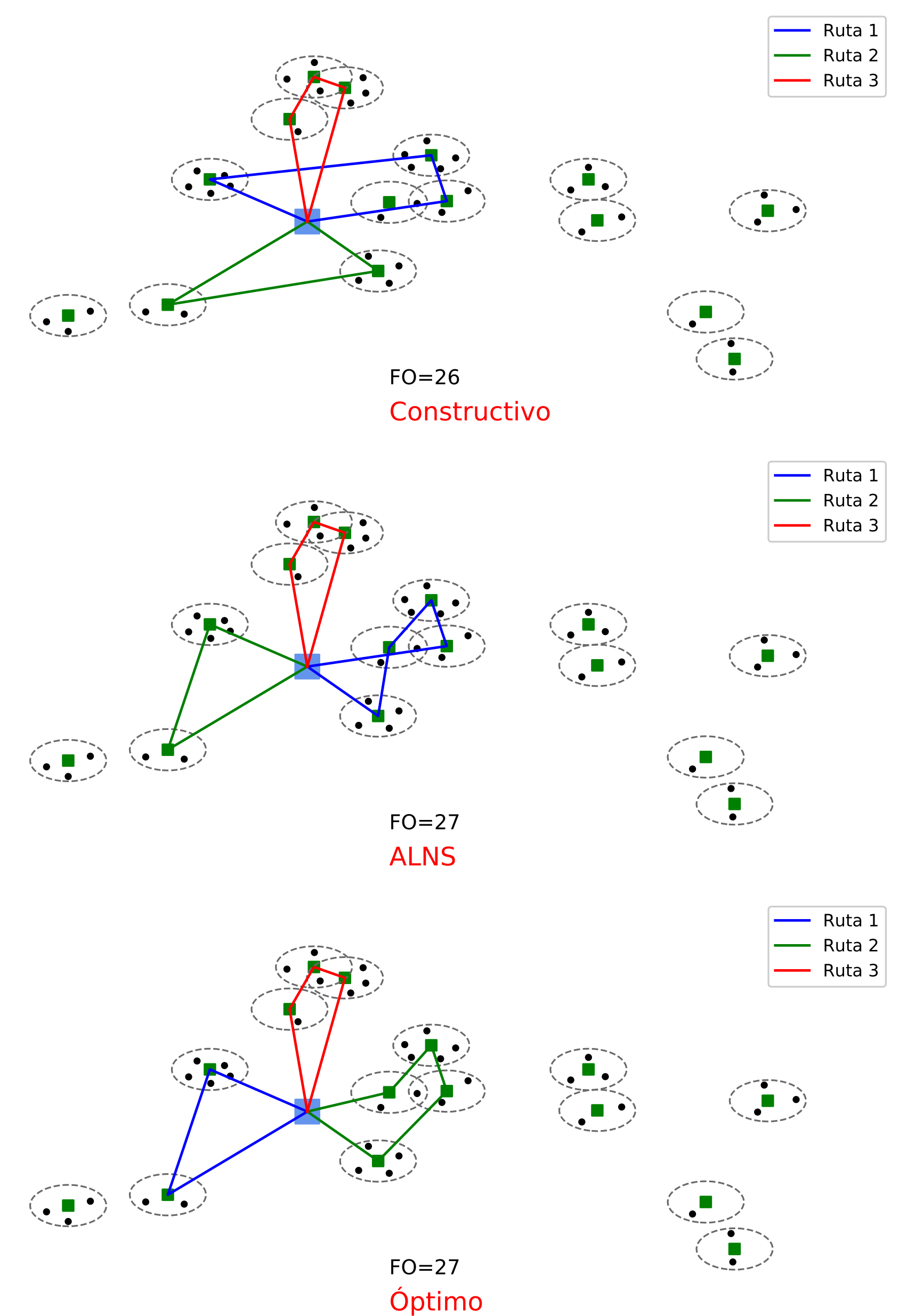


Figura 4: Solución de una instancia con 15 localidades, 3 vehículos y 41 clientes

9. Conclusiones

En promedio, los resultados del algoritmo para las instancias pequeñas se muestran competitivos con los resultados obtenidos por CPLEX. Por otra parte, el mejor desempeño de la metaheurística se alcanza en el conjunto de instancias grandes, para las cuales el algoritmo ALNS fue capaz de encontrar todas las soluciones óptimas conocidas, además de mejorar una solución entera factible reportada por CPLEX en un 6.40% y una mejora promedio del 0.11%. En las instancias medianas fue capaz de mejorar 10 soluciones enteras factibles encontradas por CPLEX, siendo la máxima mejora del 7.14% y una mejora promedio del 0.38%.

En general, de un total de 203 óptimos reportados por CPLEX, el método propuesto logró alcanzar 198. Además, logró mejorar los valores de la función objetivo de 13 instancias, alcanzando un máximo de 7.14% de mejora. En los tiempos de ejecución, en un total de 700459.44 segundos (8 días) CPLEX pudo encontrar 203 soluciones óptimas y 22 factibles de las 268 instancias, mientras que el ALNS ofrece soluciones para todas las instancias en tan solo el 0.91% (poco más de una hora y media) del tiempo que el optimizador emplea para resolver las 268 instancias.

10. Trabajo a futuro

- Evaluar el rendimiento de la metaheurística en otro conjunto de instancias.
- Incorporar aspectos ambientales al modelo.

Referencias

- Amiri, A. y M. Salari (2018), *Time-constrained maximal covering routing problem*, OR Spectrum, págs 1-54.
- Chao, I.-M., B. L. Golden y E. A. Wasil (1996), *The team orienteering problem*, European journal of operational research, 88(3), págs. 464-474.
- Ropke, S., y Pisinger, D. (2016), *An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows*, Transportation science, 40(4), 455-472.
- Sinnl, M. (2019), *Mixed-Integer Programming Approaches for the Time Constrained Maximal Covering Routing Problem*.
- Naji-Azimi, Z. y M. Salari (2014), *The time constrained maximal covering salesman problem*, Applied Mathematical Modelling, 38(15-16), págs. 3945-3957.

Agradecimientos

