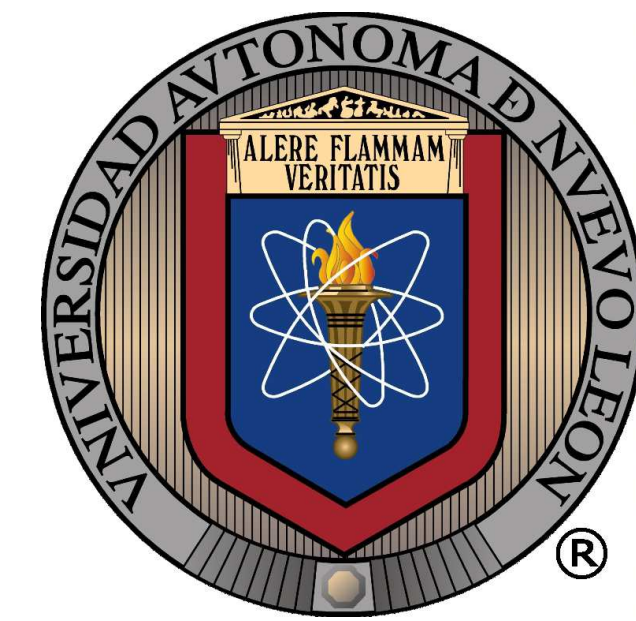




# ALNS para el problema de ruteo con máxima cobertura y tiempo límite

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 todos los clientes 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.



(a) Logística humanitaria



(b) Atención médica



(c) Transporte

Figura 1: Áreas de oportunidad

## 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 instalaciones, 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.

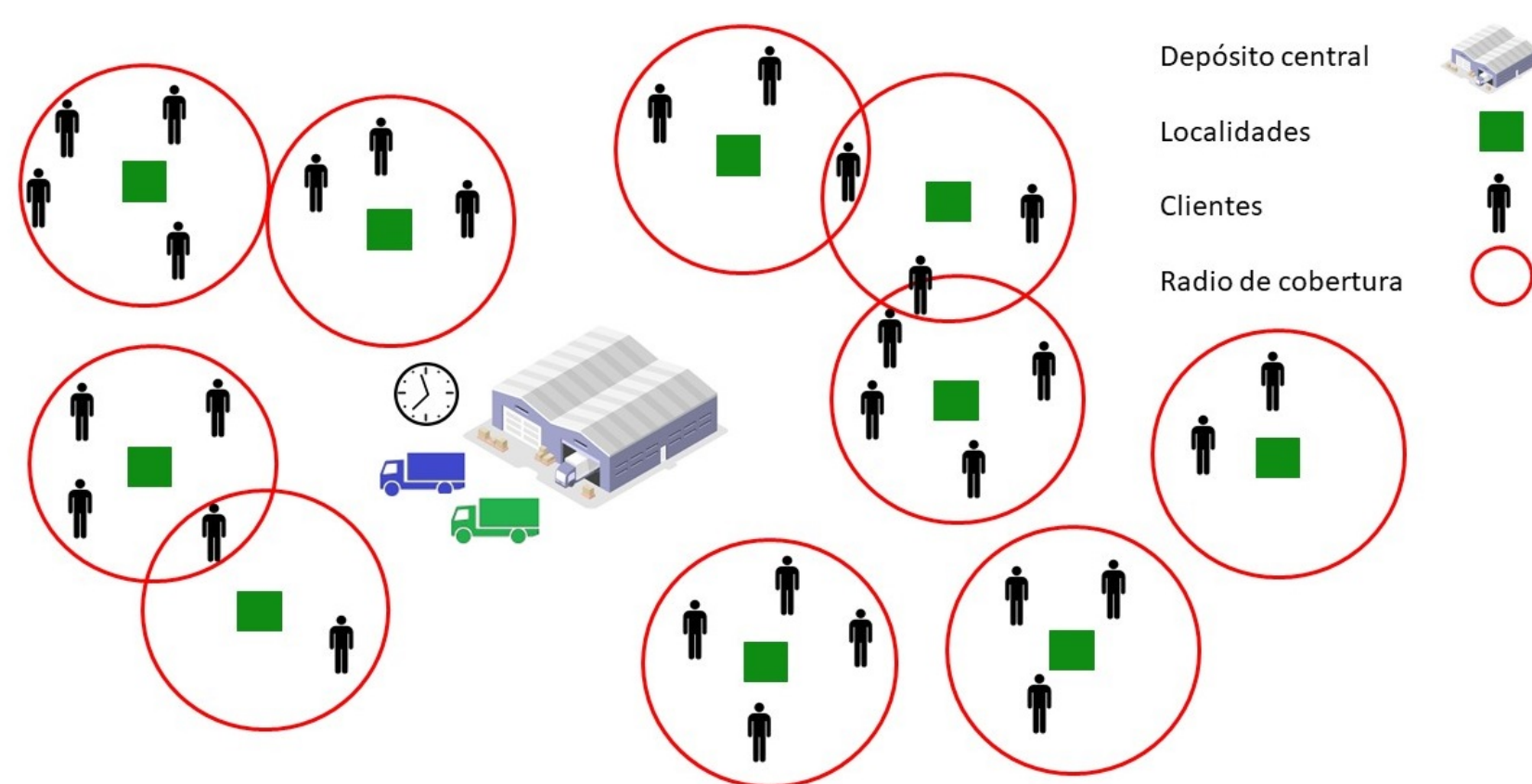


Figura 2: Ejemplo ilustrativo de instancia con 10 localidades, 2 vehículos y 30 clientes

## 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 cliente puede ser asignado a lo más a una localidad que sea visitada por un vehículo.
- Cada localidad puede ser visitada a lo más por un vehículo.
- Eliminación de sub-tours.

## 5. ALNS

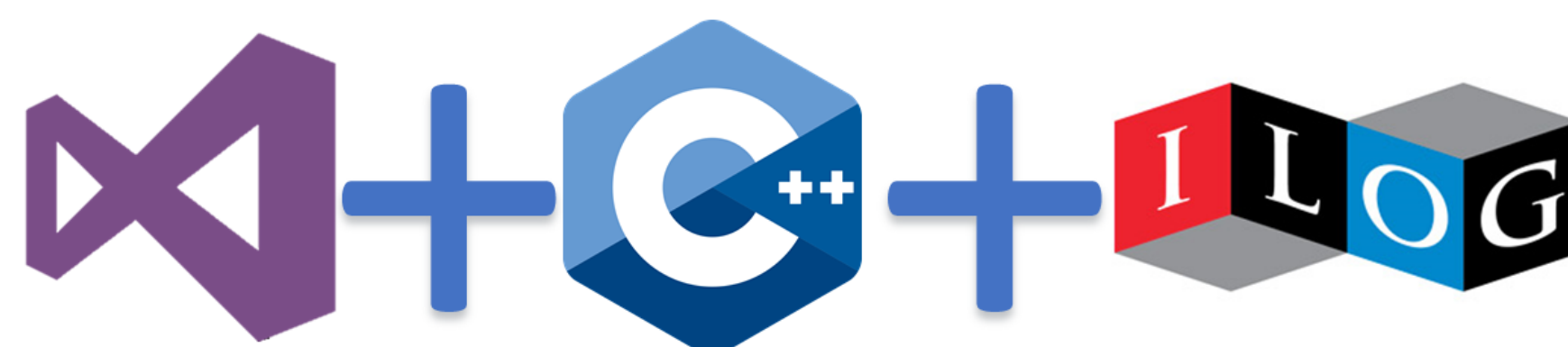
La búsqueda adaptativa de grandes vecindarios (ALNS) es una metaheurística propuesta por Ropke y Pisinger (2006) que permite el uso de múltiples operadores de destrucción y reparación, los cuales son seleccionados con una probabilidad, esta probabilidad se calcula de acuerdo al peso o puntuación que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



## 6. Recursos y software

La experimentación se llevó a cabo en un equipo con sistema operativo Windows 10, Intel(R) Xeon(R) CPU E3-1225 v3 @ 3.20GHz de dos núcleos principales. Los lenguajes de programación y recursos utilizados fueron:

- **LaTeX**: Sistema de composición de textos, orientado a la creación de documentos escritos que presenten una alta calidad tipográfica.
- **Visual Studio 2017**: Entorno de desarrollo integrado que incorpora lenguajes de programación tales como C++, C#, entre otros.
- **Python**: Lenguaje de programación interpretado para el ambiente gráfico.
- **ILOG CPLEX**: Software que permite el desarrollo y la implementación de modelos de optimización.



## 7. Experimentación

Se cuenta con 81 instancias pequeñas y 54 medianas que fueron proporcionadas por Amiri y Salari (2018).

Cuadro 1: Resultados computacionales (ALNS vs CPLEX)

Algoritmo	Instancias	gap(%)			Tiempo(seg)			Óptimos
		min	prom	max	min	prom	max	
Constructivo	Pequeñas	0.00	3.37	28.57	0.00	0.00	0.00	48/73
	Medianas	0.00	9.07	31.73	0.00	0.00	0.00	9/47
ALNS	Pequeñas	0.00	1.21	10.20	0.04	0.16	0.53	58/73
	Medianas	0.00	1.45	12.67	0.26	1.06	3.65	32/47

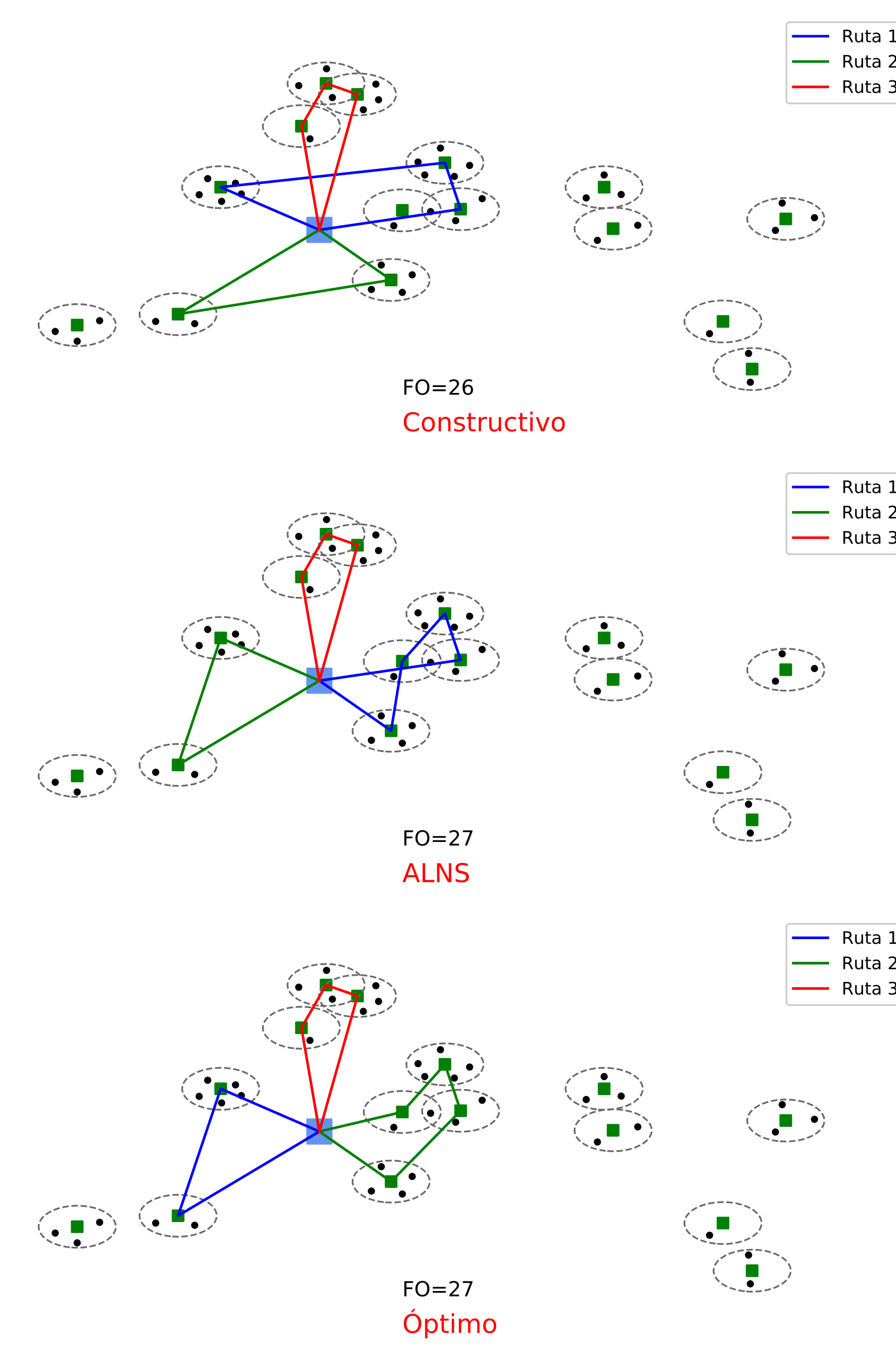


Figura 3: Solución de una instancia con 15 localidades, 3 vehículos y 41 clientes

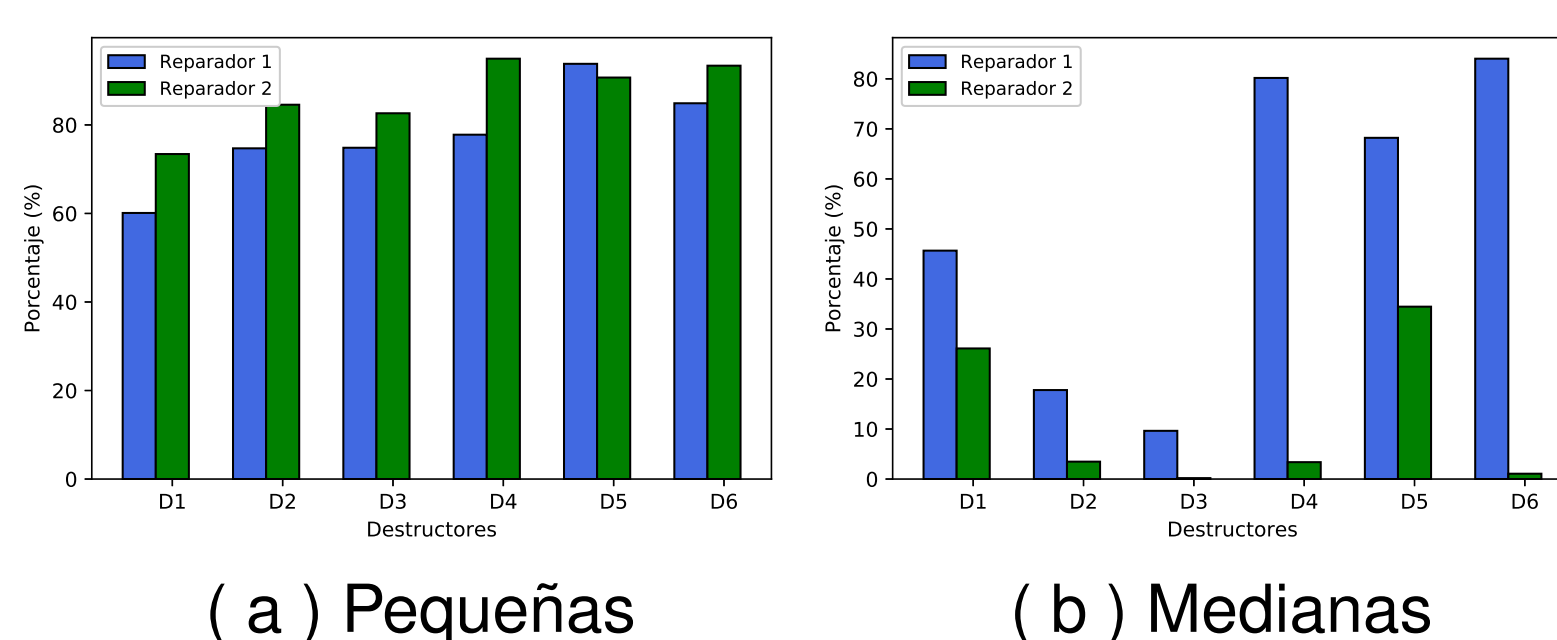


Figura 4: Análisis de rendimiento de los operadores en instancias pequeñas y medianas

## 8. Conclusiones

Se ha probado el rendimiento de la metaheurística ALNS en 135 instancias divididas en conjuntos pequeños y medianos. Los resultados muestran una mejora del 14 % alcanzando 58 de 73 óptimos y 49 % alcanzando 32 de 47 óptimos para las instancias pequeñas y medianas, respectivamente. Del análisis de rendimiento de operadores, la pareja de destructor 4 con reparador 2 tuvo mejor desempeño de alcanzabilidad para instancias pequeñas, mientras que el destructor 6 con el reparador fue la mejor combinación para las instancias medianas. Además en promedio los tiempos de ejecución obtenidos son menores a los reportados en la literatura.

## 9. 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.
- 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*.

## Agradecimientos

- A la UANL, proyecto PAICYT CE863-19.

