

Heurísticas basadas en búsqueda local para el problema de ruteo de vehículos con suavizado en el depósito de llegada

Martín Carreiro¹, Cid De Souza¹, Juan Cruz López¹, Javier Marengo², Juan José Miranda Bront², Daniel Negrotto¹, Gustavo Rodrigues¹, Juan Ignacio Silvestri², and Gonzalo Slucki²

¹ Mercado Libre S.A., Argentina y Brasil

² Escuela de Negocios, Universidad Torcuato Di Tella, Argentina

Abstract. En este trabajo abordamos un problema clásico de ruteo de vehículos multi-trip con capacidad y ventanas de tiempo, incorporando además el objetivo de suavizar la llegada de vehículos al depósito final. Una flota debe recolectar artículos de un conjunto de vendedores priorizados, cada uno con ventanas de tiempo y una cantidad específica de artículos. El depósito cuenta con una capacidad de recepción constante a trozos, que limita la cantidad de artículos que puede gestionar en cada momento. El objetivo es planificar rutas que maximicen la prioridad total de los vendedores visitados, respetando las restricciones de capacidad del depósito y manteniendo la calidad de las rutas. Proponemos heurísticas constructivas y de búsqueda local, y evaluamos su rendimiento en instancias reales.

Keywords: ruteo de vehículos, suavizado, metaheurísticas

Local search-based heuristics for the vehicle routing problem with arrival smoothing at the depot

Abstract. In this work, we address a classical multi-trip vehicle routing problem with capacity and time windows, adding the goal of smoothing vehicle arrivals at the final depot. A fleet must collect items from a set of prioritized vendors, each with time windows and item quantities. The depot has a piecewise constant receiving capacity, limiting how many items can be handled at any given time. The objective is to plan routes that maximize the total priority of visited vendors while respecting the

depot's receiving limits and maintaining route quality. We propose constructive and local search heuristics and evaluate their performance on real-world instances.

Keywords: vehicle routing, smoothening, metaheuristics

En este trabajo consideramos el problema clásico de ruteo de vehículos *multi-trip* con capacidad y ventanas de tiempo, con el objetivo adicional de suavizar la llegada de vehículos al depósito final. En este contexto, un conjunto de vendedores debe ser visitado por un conjunto de vehículos para realizar la colecta de artículos que se entregarán en el depósito. Cada vendedor tiene una prioridad, una ventana de tiempo y un número de artículos que serán recogidos por la flota de vehículos. Además, el depósito cuenta con una función constante a trozos que determina la capacidad de recepción y representa el número máximo de artículos que el depósito puede gestionar en cada momento.

El problema consiste en determinar una ruta (*multi-trip*) para cada vehículo con el fin de maximizar la suma de las prioridades de los vendedores visitados, respetando al mismo tiempo la capacidad de recepción y considerando, como factor secundario, la calidad de las rutas obtenidas. Se busca evitar tanto las violaciones por exceso como por defecto de la capacidad de recepción.

Existen trabajos sobre sincronización y coordinación de vehículos en problemas de ruteo (ver por ejemplo Paraskevopoulos et al., 2017 y Soares et al., 2024), y en particular se ha estudiado extensamente la operatoria de los vehículos en los depósitos y puntos de descarga (Hempsch and Irnich, 2008; Rijal et al., 2023). No obstante, se ha dedicado relativamente poco esfuerzo al problema de suavizar la llegada de los vehículos al depósito debido a consideraciones de capacidad de recepción/procesamiento en el depósito (van der Zon, 2017).

En este trabajo, proponemos heurísticas constructivas y de búsqueda local para este problema. Se propone una heurística constructiva que arma trips hacia adelante en el tiempo, y también una heurística constructiva que arma trips hacia atrás en el tiempo, partiendo de un intervalo con disponibilidad de recepción en el depósito. Para complementar la construcción de soluciones realizada por estas heurísticas, proponemos también un algoritmo de búsqueda local basado en operadores estándar para este problema. Consideramos los operadores *relocate* y *cross-exchange*, generalizando la evaluación de la función objetivo para tener en cuenta los elementos que participan de la función objetivo en este problema. Evaluamos el rendimiento de las heurísticas propuestas en casos reales y en instancias sintéticas construidas para que tengan una estructura similar a instancias reales.

References

- Hempsch, C., & Irnich, S. (2008). Vehicle routing problems with inter-tour resource constraints. In B. L. Golden, S. Raghavan, & E. A. Wasil (Eds.), *The vehicle routing problem: Latest advances and new challenges*

- (pp. 421–444, Vol. 43). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77778-8_19
- Paraskevopoulos, D. C., Laporte, G., Repoussis, P. P., & Tarantilis, C. D. (2017). Resource constrained routing and scheduling: Review and research prospects. *European Journal of Operational Research*, *263*(3), 737–754. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.05.035>
- Rijal, A., Bijvank, M., & de Koster, R. (2023). Dynamics between warehouse operations and vehicle routing. *Production and Operations Management*, *32*(11), 3575–3593. <https://doi.org/10.1111/poms.14051>
- Soares, R., Marques, A., Amorim, P., & Parragh, S. N. (2024). Synchronisation in vehicle routing: Classification schema, modelling framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, *313*(3), 817–840. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2023.04.007>
- van der Zon, K. (2017). *Vehicle routing with departure smoothing* [Master's thesis]. Erasmus University Rotterdam. <https://thesis.eur.nl/pub/41256/Zon-van-der.pdf>