

## Modelo matemático para resolver el problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad considerando flota propia y subcontratada

### *Mathematical Model for Capacitated Location Routing Problem with Private Fleet and Common Carrier*

Toro-Ocampo Eliana Miredy

*Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia*  
*Facultad de Ingeniería Industrial*  
Correo: elianam@utp.edu.co.

Franco-Baquero John Fredy

*Universidade Estadual Paulista Julio de MesquitaFilho, Brasil*  
*Facultad de Ingeniería*  
*Departamento de Ingeniería Eléctrica*  
Correo: jffranco@gmail.com

Gallego-Rendón Ramón Alfonso

*Universidad Tecnológica de Pereira, Risaralda, Colombia*  
*Facultad de Ingenierías*  
Correo: ragr@utp.edu.co.

Información del artículo: recibido: septiembre de 2015, aceptado: febrero de 2016

#### Resumen

El problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad (CLRP) consiste en la selección de depósitos y rutas para atender un conjunto de clientes para obtener el mínimo costo. Una variante de este problema, en la que se considera existe la posibilidad de subcontratar la operación de algunas (o todas) las rutas, es el problema de localización y ruteo con flota propia y flota subcontratada (CLRPPC). Este problema aparece cuando la flota propia es insuficiente para atender la totalidad de la demanda, o una parte de los vehículos de la flota propia debe atender actividades de mantenimiento y reparación. El objetivo del CLRPPC es minimizar los costos de apertura de los *centros de distribución* (CD), el costo de uso de los vehículos propios y los costos variables asociados a la utilización de las rutas recorridas por la flota propia o por la flota subcontratada. En este artículo se presenta un nuevo modelo matemático para el CLRPPC, en el que las restricciones clásicas para evitar los sub-tours se reemplazan por un conjunto de restricciones que establecen conexiones radiales entre los clientes y los depósitos, permitiendo resolver de forma exacta instancias de la literatura especializada usando solvers comerciales. El modelo además puede adaptarse para resolver el problema de ruteo atendido con flota propia y subcontratada (VRPPC) y con múltiples depósitos (MDVRPPC). Los modelos se validan con instancias de la literatura especializada, donde los resultados demuestran que la formulación propuesta permite obtener resultados satisfactorios para estos tres tipos de problemas a pesar de su alta complejidad matemática.

#### Descriptores:

- estrategia de distribución
- flota propia
- flota subcontratada
- problema de localización y ruteo con restricciones de capacidad
- problema de ruteo multi-depósito
- ruteo de vehículos

## Abstract

The *Capacitated Location Routing Problem (CLRPPC)* consists in the selection of depots and routes to serve all the clients such that the minimum cost is obtained. A variant of this problem, where it is considered that there is the possibility of outsourcing the operation of some (or all) routes, is the *location routing problem with private fleet and common carrier (CLRPPC)*. This problem is presented when the own fleet is insufficient to serve the whole demand or part of its own fleet must have maintenance and repairing activities. The CLRPPC objective is to minimize the costs of opening distribution centers (DC), the cost for using their own vehicles and the variable costs associated with the use of the routes traveled by their own fleet or an outsourced fleet. This paper presents a new mathematical model for CLRPPC, where the classical restrictions to prevent sub-tours are replaced by a set of constraints that establish the radio links between customers and depots, solving accurately instances used in the literature using commercial solvers. Moreover, the model can be adapted to solve the *Vehicle Routing Problem with Private Fleet and Common Carrier (VRPPC)* and *Multi-Depot Vehicle Routing Problem with Private Fleet and Common Carrier (MDVRPPC)*. The models are validated with instances of the literature, where the results show that the proposed formulation gives satisfactory results for these three types of problems despite its high mathematical complexity.

### Keywords:

- capacitated location routing problem
- common carrier
- distribution strategy
- multi-depot vehicle routing problem; own fleet
- outsourced fleet
- vehicle routing problem

## Introducción

La subcontratación es una práctica comercial por la que muchas empresas apuestan debido a la necesidad de eficiencia en sus procesos operacionales, medidos a través de la calidad y oportunidad en la entrega de sus productos o servicios. Esta práctica se produce porque no se cuenta con una flota propia de vehículos o porque la flota disponible es inadecuada para satisfacer la demanda de sus clientes. Por lo tanto, la empresa se obliga a contratar parte o la totalidad de la distribución de sus productos con empresas especializadas en la entrega de mercancías.

Cuando se atiende completamente la demanda de los clientes con una flota subcontratada aparece el problema de ruteo abierto, *Open Vehicle Routing Problem (OVRP)*. En este problema una flota de vehículos subcontratados ubicados en el *centro de distribución (CD)* se asigna a las rutas y los vehículos no se obligan a retornar al CD. Las aplicaciones de esta variante del problema de ruteo "*Vehicle routing problem*" (VRP) aparecen en la distribución de periódicos y paquetes, rutas escolares, rutas aéreas que no retornan a sus puntos de partida tal como se documenta en Li *et al.* 2007.

El VRPPC inicialmente propuesto, consideró múltiples vehículos (Chu, 2005), aquí se considera una flota propia de vehículos con capacidad limitada y costos fijos de uso por vehículo. Un conjunto de clientes con demanda conocida se pueden atender por la flota propia, donde se incurre en costos de utilización de los arcos, tal como se contempla en el problema de ruteo con

restricciones de capacidad, *Capacitated Vehicle Routing problem (CVRP)* y los clientes restantes se atienden por una flota subcontratada. Muchas otras aplicaciones de logística y cadenas de suministro utilizan una gran flota de vehículos y operan desde diferentes CDs. Stenger *et al.* (2013) extienden el problema a considerar con múltiples CDs y proponen el MDVRPPC, donde para cada cliente se decide con qué tipo de flota debe atenderse y a qué depósito debe asignarse.

En este trabajo se presenta una variante de la que no se tiene reporte en la literatura hasta la fecha, la cual se ha denominado problema de localización y ruteo con flota propia y flota subcontratada, *Capacitated Location Routing Problem with Private Fleet and Common Carrier (CLRPPC)*. Este problema consiste en atender a todos los clientes de tal manera que se determinen los siguientes aspectos de forma simultánea: ¿Qué centros de distribución se deben abrir de un conjunto de CDs candidatos?, ¿Cómo asignar los clientes a los CDs abiertos?, identificar a los clientes que se atenderán con los vehículos propios y subcontratados, determinando la secuencia de visita de las rutas, tanto las que se atienden con la flota propia como con la flota subcontratada y todo a un costo mínimo.

Al tener en cuenta que las rutas servidas por la flota propia comienzan y terminan en un CD que se abre, y las rutas atendidas por la flota subcontratada comienzan en un CD de la empresa y terminan el recorrido con el último cliente se tiene que CLRPPC considera la soluciones de varios sub-problemas de forma simultánea:

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/274806>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/274806>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)