

# PLANIFICACIÓN ROBUSTA DE LÍNEAS DE METRO Y CERCANÍAS

Ángel Marín

Universidad Politécnica de Madrid

[angel.marin@upm.es](mailto:angel.marin@upm.es)

## RESUMEN EXTENDIDO

En planificación estratégica de los sistemas de metro y cercanías, se considera por una parte el diseño de la red y por otro la asignación del material rodante y de las tripulaciones. En planificación táctica a partir de la solución óptima estratégica, se establece la planificación de las líneas y los horarios.

La planificación estratégica de las líneas de metro y cercanías se plantea el establecimiento de las estaciones y de las vías (túneles en su caso) considerando un conjunto de alternativas de forma que se satisfaga la demanda, dentro de las limitaciones de un presupuesto dado, pero de forma que se atienda una demanda que tiene otros modos de viaje posibles, y para que la red esté formada por elementos que permitan la posterior definición de líneas. En el diseño de la red no se tiene en cuenta la capacidad del sistema y consecuentemente la demanda es tomada en cuenta de forma binaria. Marín 2007.

La planificación de las líneas lo que se plantea es asignar una flota de vehículos determinada para atender la intensidad de la demanda en el periodo considerado, lo que nos lleva a la inclusión de restricciones de capacidad en los arcos, que vienen determinadas por la asignación de los vehículos.

La planificación de las líneas se plantea la determinación de las rutas de los vehículos y de sus frecuencias por unas vías y estaciones dadas (metro y cercanías). Se trata de satisfacer la demanda teniendo en cuenta un tamaño de flota dado (que puede ser ampliada mediante la compra de vehículos nuevos). Las líneas incluyen dos direcciones en los arcos, así como los terminales origen y destino de la línea. Cada línea tiene una capacidad que viene dada por el tipo de vehículos disponibles.

En la modelización se considerará la extensión para incluir el establecimiento de horarios periódicos, así como los márgenes de seguridad que deben ser tenidos en cuenta. Los objetivos suelen ser la minimización de los costes operativos de los vehículos (punto de vista de los operadores) y de la falta de confort o los tiempos de viaje de los usuarios. Las líneas son la base para los horarios y estos son la base para la planificación operacional: horarios de los vehículos y de las tripulaciones. Bussiek y otros 1996.

La robustez parte del hecho de que los datos no son conocidos o que pueden producirse situaciones inesperadas con cambio en los datos (siniestros, incidencias, etc.), y se trata de diseñar o planificar de manera que se tenga en cuenta este hecho, es decir, se busca la solución para un conjunto de datos posible. García y otros 2007.

La robustez debe ser tomada en cuenta en cada una de las fases de planificación indicadas. En el diseño de la red la robustez puede ser tomada en cuenta mediante restricciones de capacidad de flujo (unitario), que aseguren que en caso de fallo de un arco o un conjunto de arcos, un porcentaje de la demanda, de los pares origen-destino o del flujo de cada demanda por ellos podrá ser realizado después de que el fallo sea declarado. Marin y otros 2006.

Los mismos conceptos de robustez pueden ser extendidos para la planificación robusta de las líneas, se trata igualmente de garantizar que un porcentaje de la demanda podrá ser atendida en caso de fallo de algunos arcos o nodos de la red, solo que ahora, en la planificación de líneas, el flujo considerado viene determinado por el flujo de la intensidad de la demanda, por lo que las restricciones de capacidad cobran una trascendencia mayor.

Los modelos son experimentados en redes de prueba basadas en datos reales de los operadores de metro (E.M.T.) y de cercanías (Renfe) de la Comunidad de Madrid, para la resolución se ha empleado Branch and Bound en el contexto del paquete G.A.M.S.

## Referencias

M.R. Bussieck, P. Kreuzer y U.T. Zimmermann, "Optimal lines for railway systems", European Journal of Operational Research, 96(1), pp. 54-63, 1996.

R. García, A. Marín, J.A. Mesa, F. Perea, D. Verastegui, "A new concept of robustness", Schloss Dagstuhl, ISBN 978-3-939897-04-0. 2007 <http://drops.dagstuhl.de/portals/ATMOS07/>

A. Marín, "An extension to urban rapid transit network design", TOP, Springer Verlag, Vol 15, N2, pp. 231-241, 2007.

A. Marín, J.A. Mesa y F. Perea, "Using flow reliability conditions in robust rapid transit network design", Technical Report ARRIVAL-TR-0033, 2006