

**MA4402-1. Simulación Estocástica: Teoría y Laboratorio****Profesor:** Joaquín Fontbona T.**Auxiliares:** Álvaro Márquez. Catalina Lizana G. & Matías Ortiz A.**Autores:** Allen Arroyo & Isidora Miranda.

## Simulated Annealing Aplicado a Sistema de Metro de Santiago de Chile

### Abstract

Para un modelo simplificado de la red de metro de Santiago de Chile se tiene como objetivo minimizar el tiempo total de espera para el transbordo de pasajeros entre líneas de metro ajustando el tiempo de envío del primer tren  $t^0$ , el tiempo de circulación entre estaciones  $t^R$  y el tiempo de permanencia en la estación  $t^{Dw}$ , esto en cada línea de metro a través de Simulated Annealing(SA), como es realizado en los paper[1][2] y un algoritmo de generación de tiempos factibles llamado Vector Modifying Algorithm [1] con datos de tiempo generados por v.a uniformes en rangos adecuados.

Se sigue la metodología del paper[1] llamado “A simulated annealing algorithm for first train transfer problem in urban railway networks” donde se especifica que para determinar un horario sincronizado tal que no aumente el tiempo de espera total de los transbordos basta con obtener los tiempos relacionados al primer tren de cada línea debido al supuesto que los siguientes trenes presentan salidas a intervalos constantes de tiempo.

### Simplificación de la Red de Metro.

Dada la red de metro de Santiago de Chile a la fecha se decide la simplificación de la figura 1 por motivos de dificultad de calculo, por lo cual el conjunto de líneas utilizado fue  $L = \{l_1^{up}, l_1^{down}, l_2^{up}, l_2^{down}, l_3^{up}, l_3^{down}\}$ .

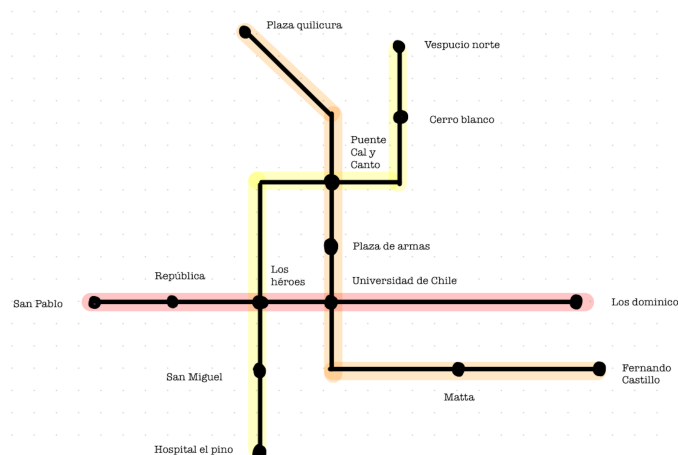


Figura 1: Simplificación de Red de Metro utilizada.

Mientras que las estaciones de conexión son “Los Héroes”, “U. de Chile” y “P. Cal y Canto”.

### Problema de Minimización y Supuestos

Los principales supuestos fueron los siguientes:

El tiempo de transferencia  $t_{sl'}^{Tra}$  de pasajeros entre dos líneas en una estación de conexión es fijo, los pasajeros subirán al primer tren que llegue para reducir sus tiempos de espera y los trenes que circulan después del primer tren de cada línea adoptan un intervalo fijo  $T_l^H$ .

La función  $f$  a minimizar es tal que :

$$f = \sum_{s \in S(l) \cap S(l')} \sum_{l \in L} \sum_{l' \in L} t_{sl'}^w$$

Donde  $t_{sl'}^w$  es un tiempo calculado en función de un set de tiempos  $(t^R, t^{Dw}, t^0, t_{sl'}^{Tra}, T_l^H)$  y  $S(l)$  es el conjunto de estaciones en línea  $l \in L$ . Las restricciones(s.a) del problema son mencionadas en la respectiva presentación y código.

### Conclusiones:

Se logró aplicar el pseudocódigo del paper[1] en Python con ciertas modificaciones para Vector Modifying Algorithm a la simplificación señalada, obteniendo una disminución del valor  $f$  con sus correspondientes tiempos  $(t_f^R, t_f^{Dw}, t_f^0)$  para input's de tiempos aleatorios. No fue aplicado el algoritmo construido a un modelo de red de metro de Santiago de mayor complejidad como en [1] y [2].

### Referencias:

- [1.] Kang, L., & Zhu, X. (2015, 7 de diciembre). A simulated annealing algorithm for first train transfer problem in urban railway networks. Applied Mathematical Modelling. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2015.05.008>
- [2.] Liu, X., Huang, M., Qu, H., & Chien, S. (2018). Minimizing Metro Transfer Waiting Time with AFCS Data Using Simulated Annealing with Parallel Computing. Wiley. <https://doi.org/10.1155/2018/4218625>