

# Revisión de literatura: Evaluación de los planes de operación de Transantiago mediante simulación

Cristián Cortés, Pablo A. Rey, Jorge Pontigo  
Universidad de Chile - jpontigo@ing.uchile.cl

## Contexto

- Los sistemas de transporte público (TPU) son cada vez más complejos. La necesidad de integrar y operar de manera **eficiente** estos sistemas plantea un gran desafío.
- Los modelos de simulación se han establecido como la principal herramienta para la evaluación del sistema a nivel operativo.
- En simulación de tráfico vehicular podemos identificar 3 tipos:

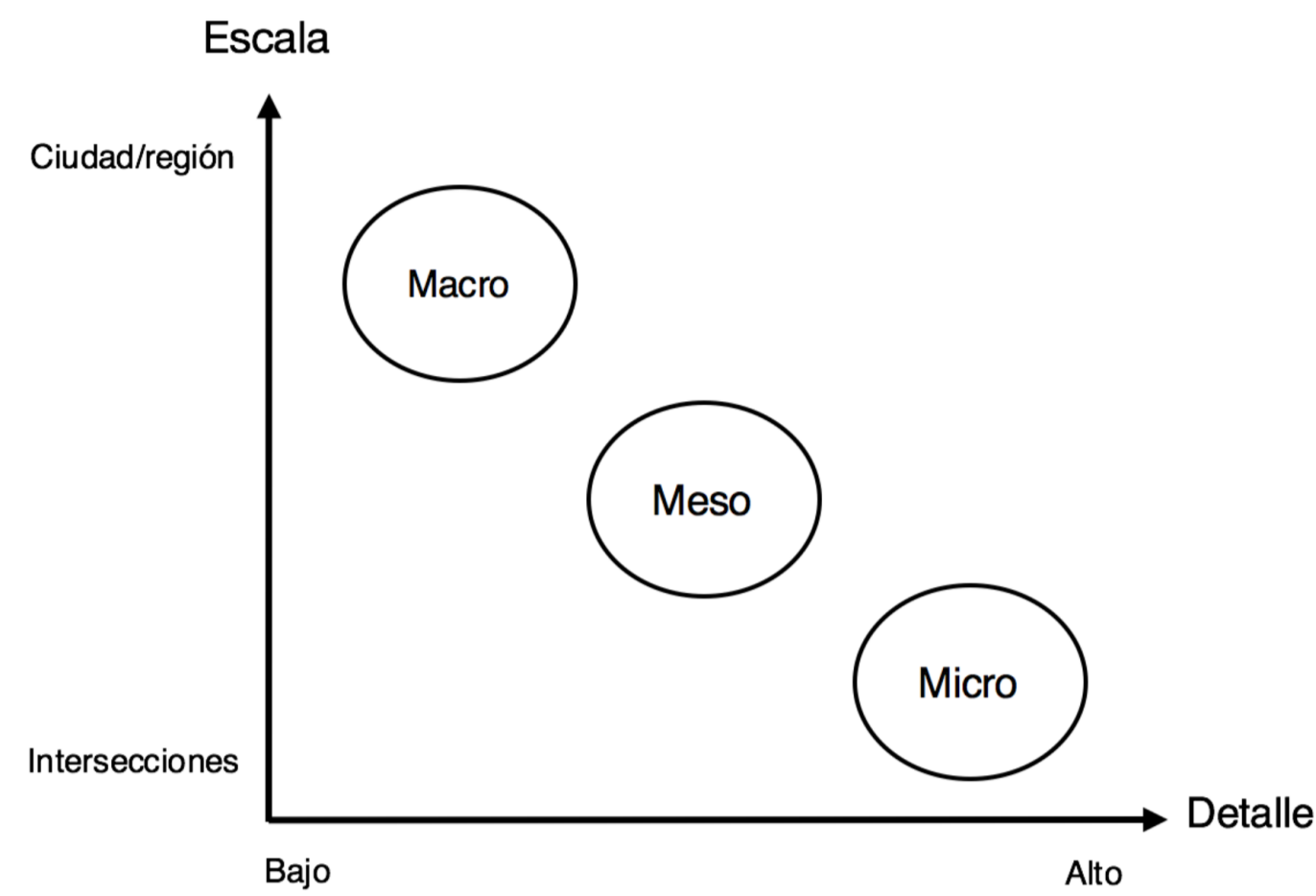


Figura 1: Trade off entre escala y nivel de detalle

- En el contexto operacional, el **objetivo de los modelos DTA** es representar la evolución del tráfico en los diferentes caminos de la red, cuando las condiciones cambian.

## Objetivos

- Proponer una metodología basada en simulación **mesoscópica**, para la evaluación de los planes de operación enviados por los operadores a Transantiago.
- Verificar mediante simulación los planes de operación (niveles de frecuencia y regularidad), de los servicios de TPU que operan en algún corredor en Santiago.

## Descripción del problema

- El proceso de planificación de la red TNP (Transit Network Planning) en TPU se puede dividir en subproblemas a nivel estratégico, táctico y operacional, o de acuerdo a 4 etapas según Ceder, (2007).

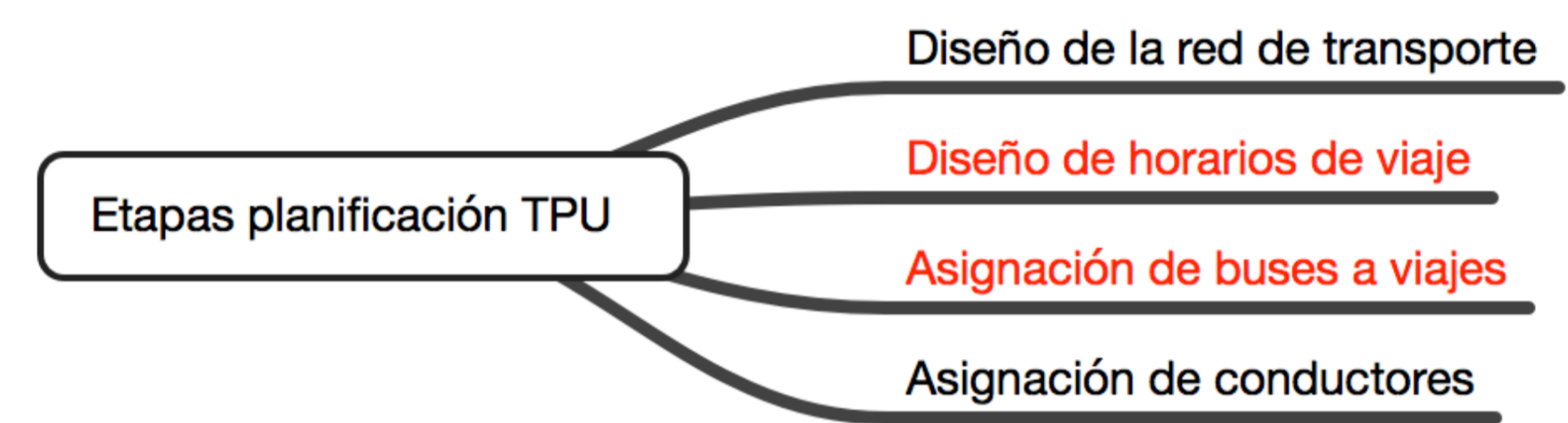


Figura 2: 4 etapas según según Ceder (2007)

- El resultado de esta programación constituye un **plan de operaciones** que contempla el diseño de flota-asignación de los buses y la programación de los itinerarios (horarios), para cualquier servicio que forme parte del sistema de TPU Transantiago
- Transantiago es la entidad que debe aprobar tales planes, apuntando a garantizar índices de **frecuencia** y **regularidad** que aseguren un buen servicio.

## Revisión de simuladores mesoscópicos

- Yang, Q.D. (1997): **MesoTS**
- Ben Akiva, et al. (1998): **DynaMIT**
- Mahmassani, H., (2001): **DYNASMART**
- Barceló, O., et al. (2008):: **AIMSUN**
- Cats, O., et al. (2010): **Mezzo**

## Elementos destacados en la literatura

- Forma de operación de células o celdas con combinación de modos.

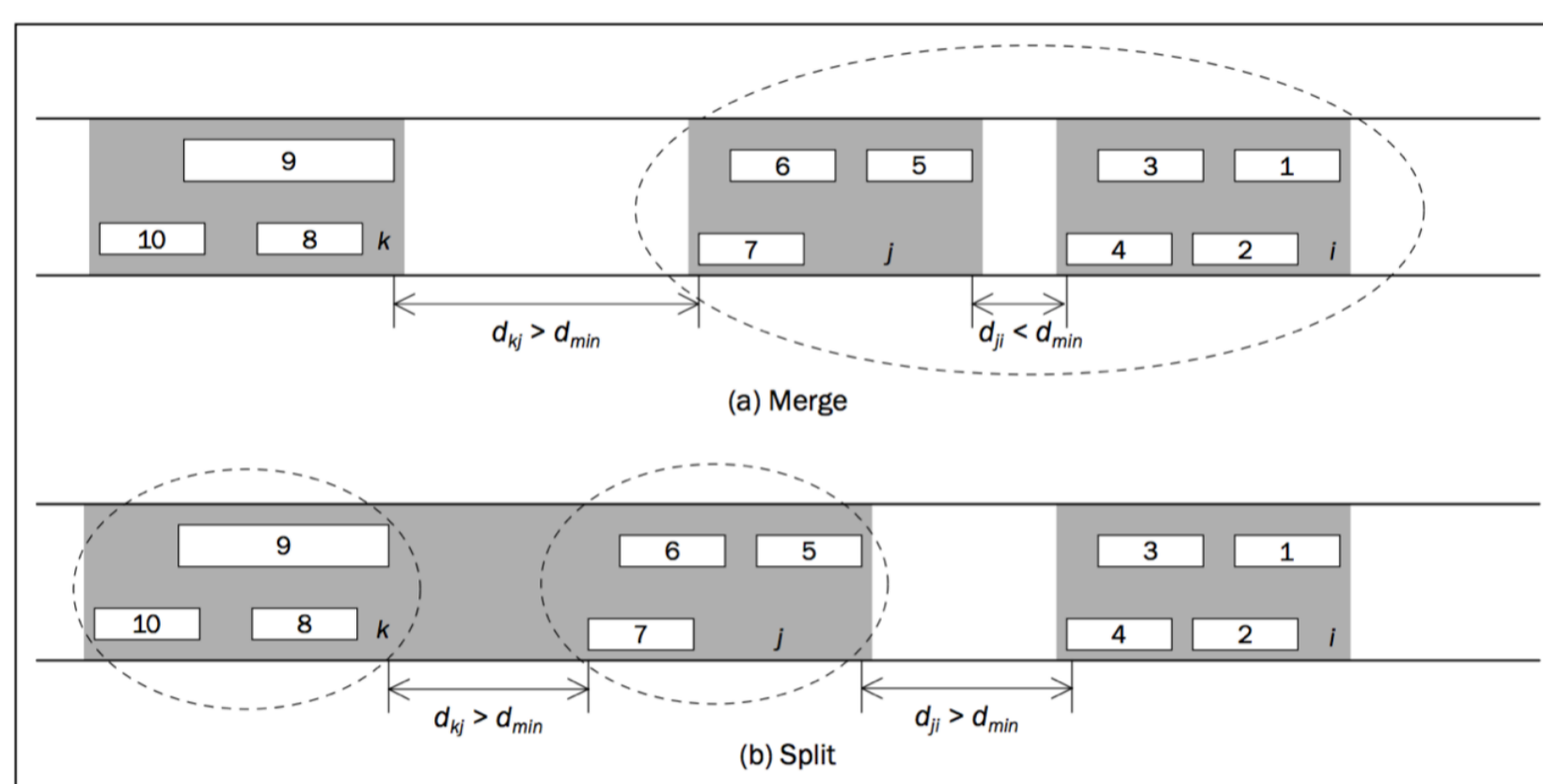


Figura 3: Yang, Q.D. (1997): **MesoTS**

- Modelación de enlaces en Mezzo combina la interacción de 2 partes.

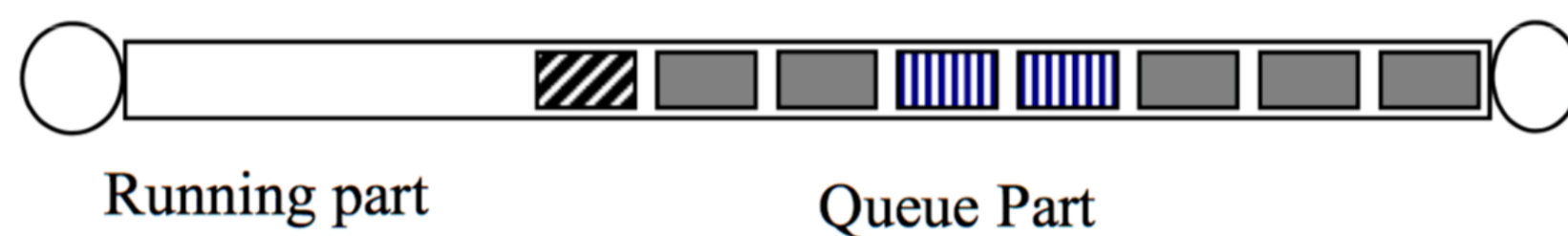


Figura 4: Cats, O., et al. (2010): **Mezzo**

- Estructura de modelación en DynaMIT

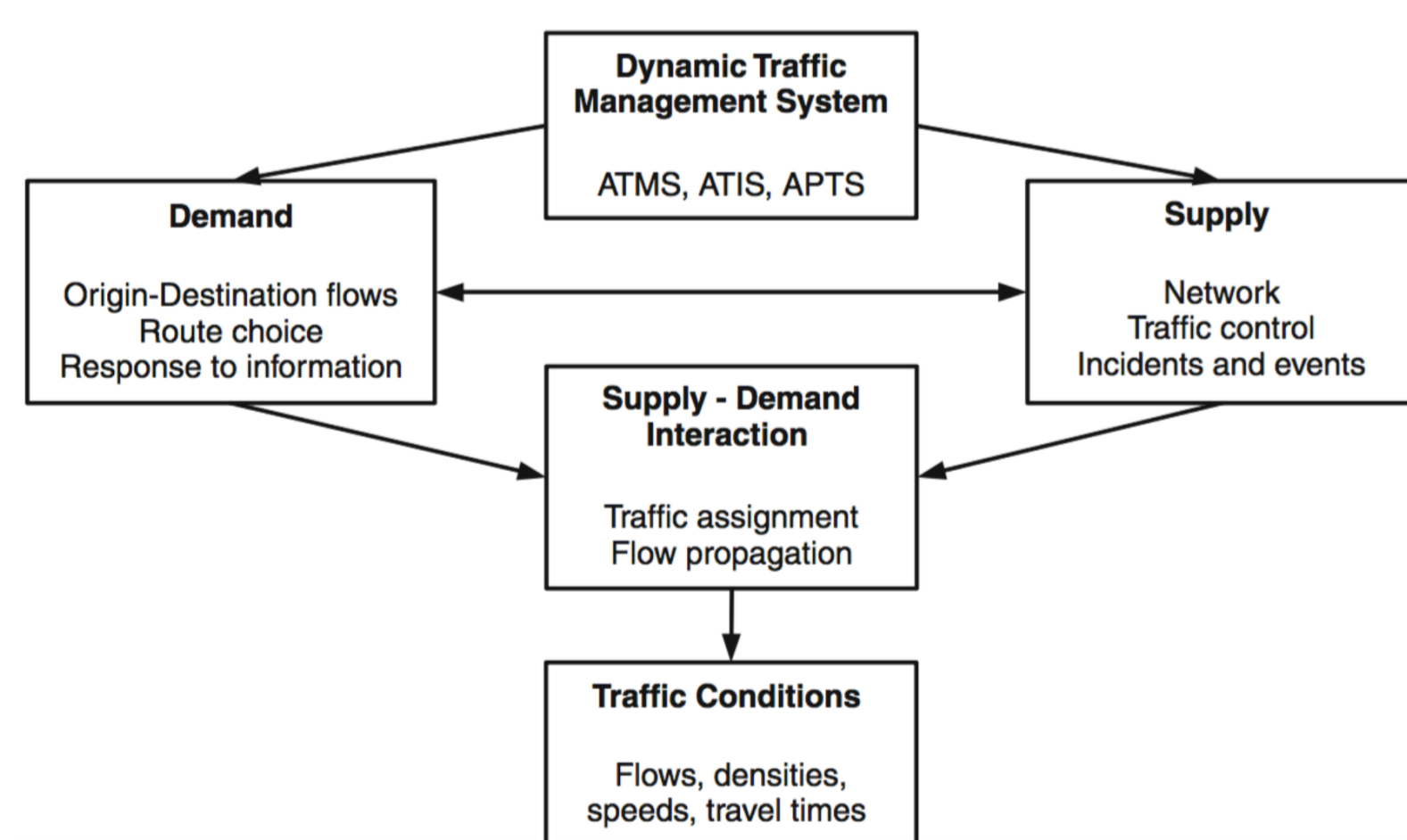


Figura 5: Ben Akiva, et al. (1998): **DynaMIT**

- Hybrid Mesoscopic-Microscopic Traffic, Mezzo

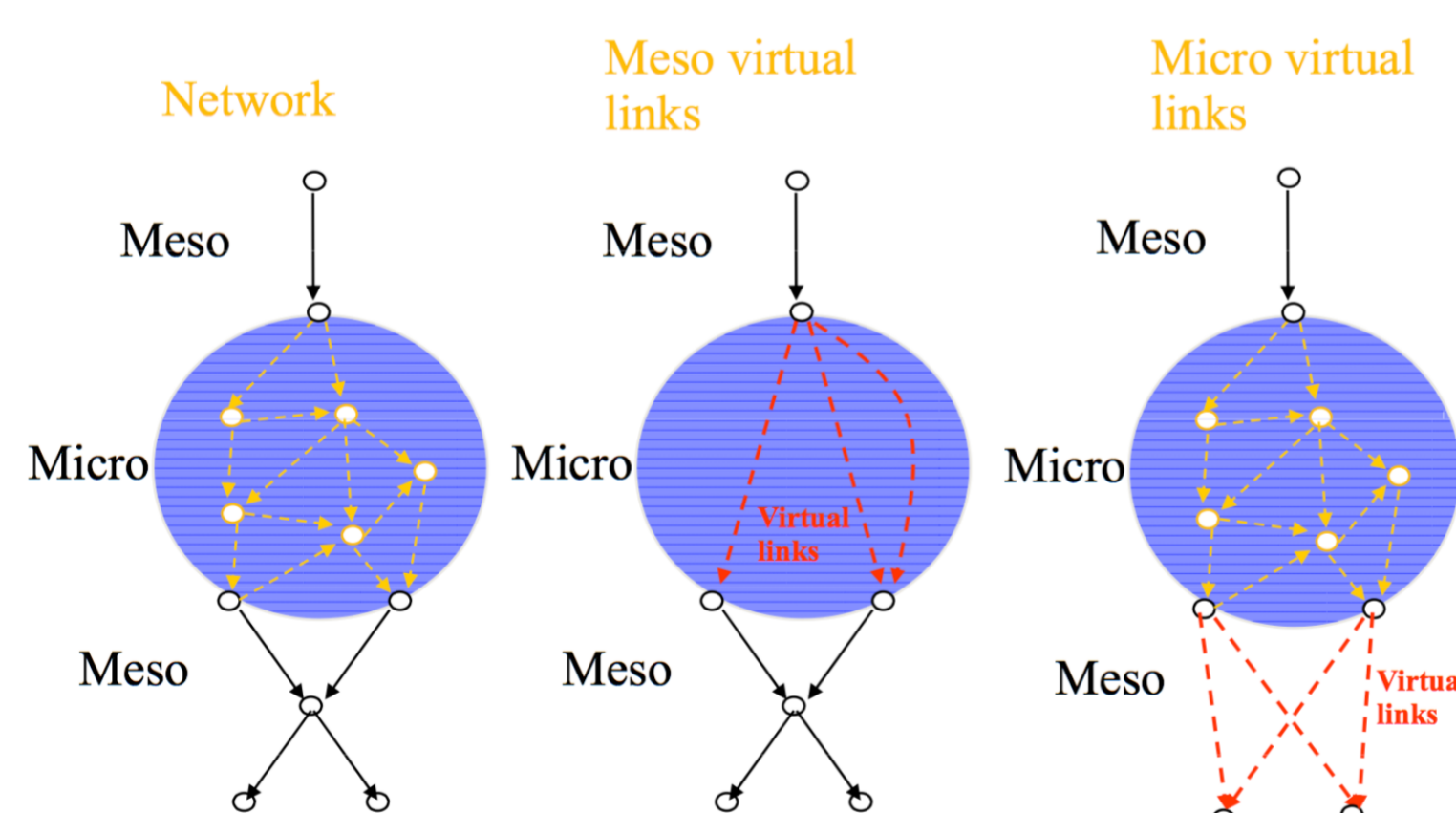


Figura 6: Burghout, et al. (2005), **Mezzo**

## Análisis de literatura

- Los modelos ADT describen variaciones en tiempo real de la red, considerando interacciones de demanda debido a comportamientos del sistema.
- Consideración de matrices O/D dependientes del tiempo.
- Combinación de modos (tráfico mixto).
- Tipos de simulación: basadas en tiempo o en eventos (simulación híbrida).

- Nivel de integración de AIMSUN.

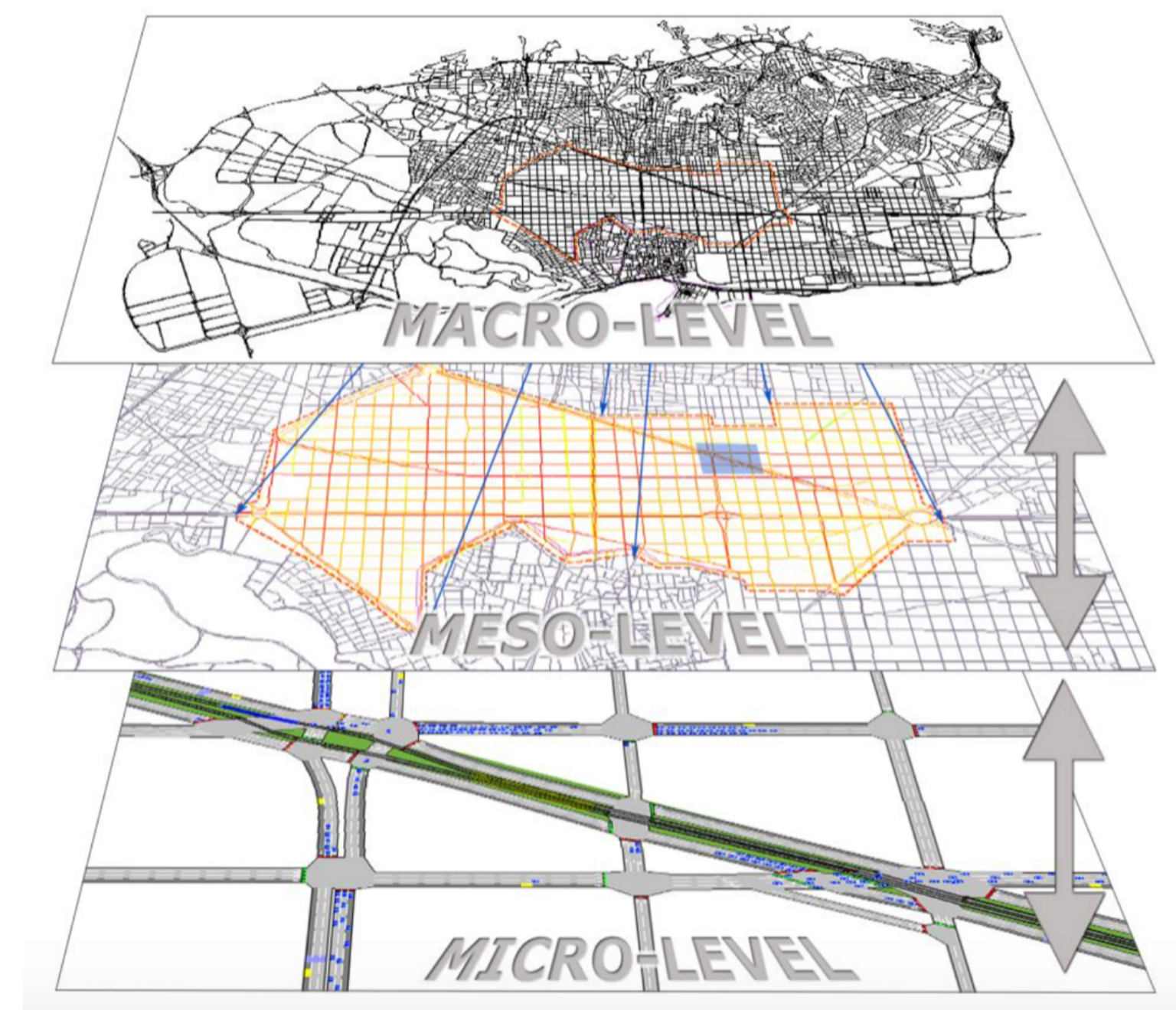


Figura 7: Barceló, O., et al. (2008):: **AIMSUN**

- Considerar la estructura de un modelo DTA

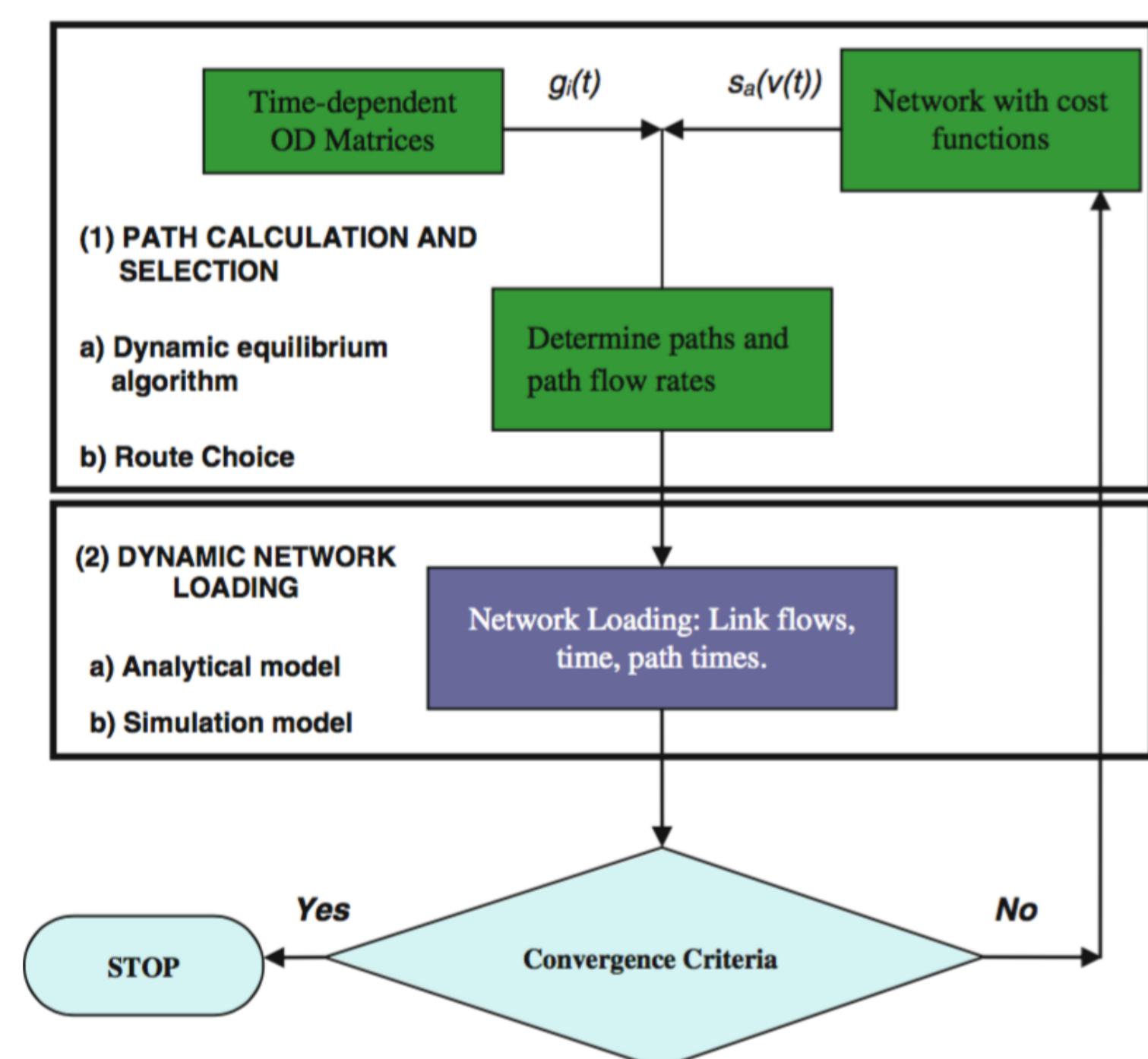


Figura 8: Barceló (2010)

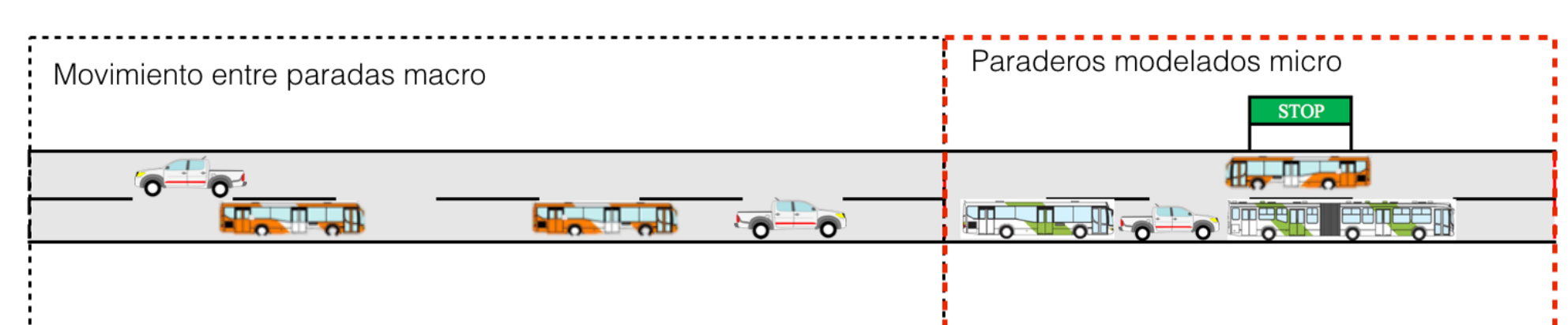
- El cálculo de las velocidades en Mezzo sigue una relación con densidad-velocidad y para la elección de rutas se utiliza un logit multinomial.
- En mezzo la simulación se enfocó en transporte público, utilizando ecuaciones de transferencia de pasajeros (**dwell times** y **running times**).

$$v(k) = \begin{cases} v_f & \text{si } k < k_m \\ v_m + (v_f - v_m) \left(1 - \left(\frac{k - k_m}{k_j - k_m}\right)^a\right)^b & \text{si } k \in [k_m, k_j] \\ v_m & \text{si } k > k_j \end{cases} \quad (1)$$

Figura 9: Relación de velocidad-densidad

## Propuesta para la simulación

- Modelación de tráfico mixto (Celdas o células). Considerar un nivel de desagregación más micro en paradas.
- Consideración de fórmulas analíticas en paradas (**dwell times** y **running times**).
- Un modelo ADT para usuarios en paradas y vehículos (matrices O/D dependientes del tiempo), pero no para los autobuses, que tienen una ruta fija. La modelación de los enlaces será más macro (agregada).



Simulador Mesoscópico