

Herramientas para el diseño y análisis de redes de transporte urbano de pasajeros

Tema 2: Análisis y diseño de redes

Modelado de redes de transporte urbano

- Red: Componente relevante de la oferta, determinación del nivel de servicio.
- Debe estar conectada con el espacio donde se genera (o se va a generar en el futuro) la demanda.
- Nivel de detalle de la representación de la demanda: En el extremo de alto grado de detalle, se debería representar cada hogar y cada persona.
- Desventajas de un (muy alto) detalle en la representación de la demanda:
 - Alto costo de obtención de datos. Aunque en los últimos años hay formas de obtener datos de demanda a menor costo.
 - Estabilidad en el tiempo. Poco práctico cuando se busca predecir.

Zonificación

- Zona: Agregación de elementos generadores de demanda. Aspectos relevantes: Cantidad y tamaño.
- Criterio para construir una zona: Existencia de características que la distinguen de otra.
- Objetivo primario: Modelar reacción de la demanda ante cambios en la oferta.
- Algunos ejemplos: Londres (+7.000.000 habitantes, 1000 zonas), Dublin (+1,7 millones de habitantes, 650 zonas), Montevideo (+1.5 millones de habitantes, 154 zonas).

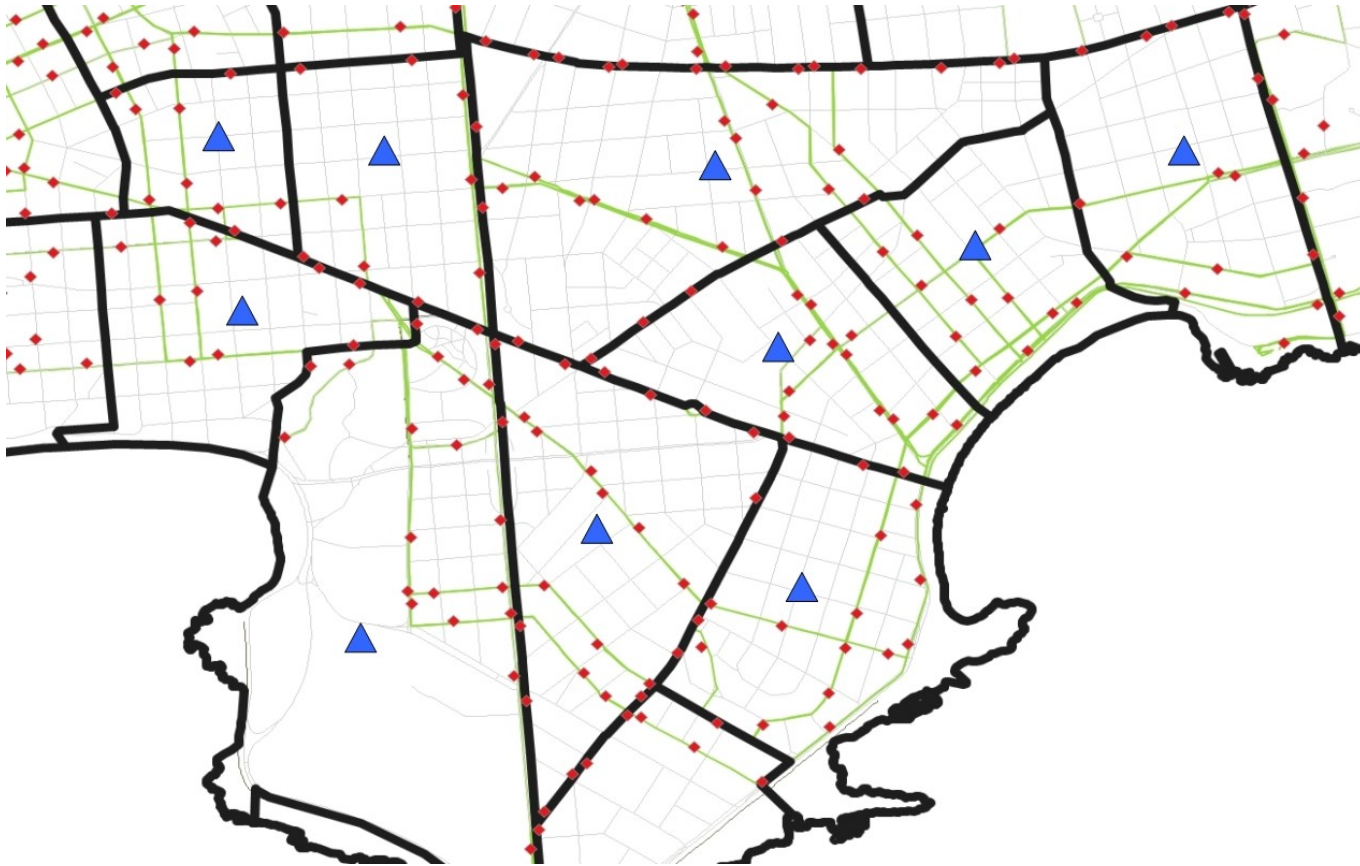
Conexión con la red

- Centroide:
 - Punto imaginario que concentra la demanda generada en una zona.
 - Generalmente se ubica en el baricentro de la zona, consistente con la hipótesis de que la demanda se genera uniformemente en la zona.
- Conector:
 - Línea imaginaria que conecta el centroide con la red.
 - El punto de conexión con la red depende del estudio en particular.

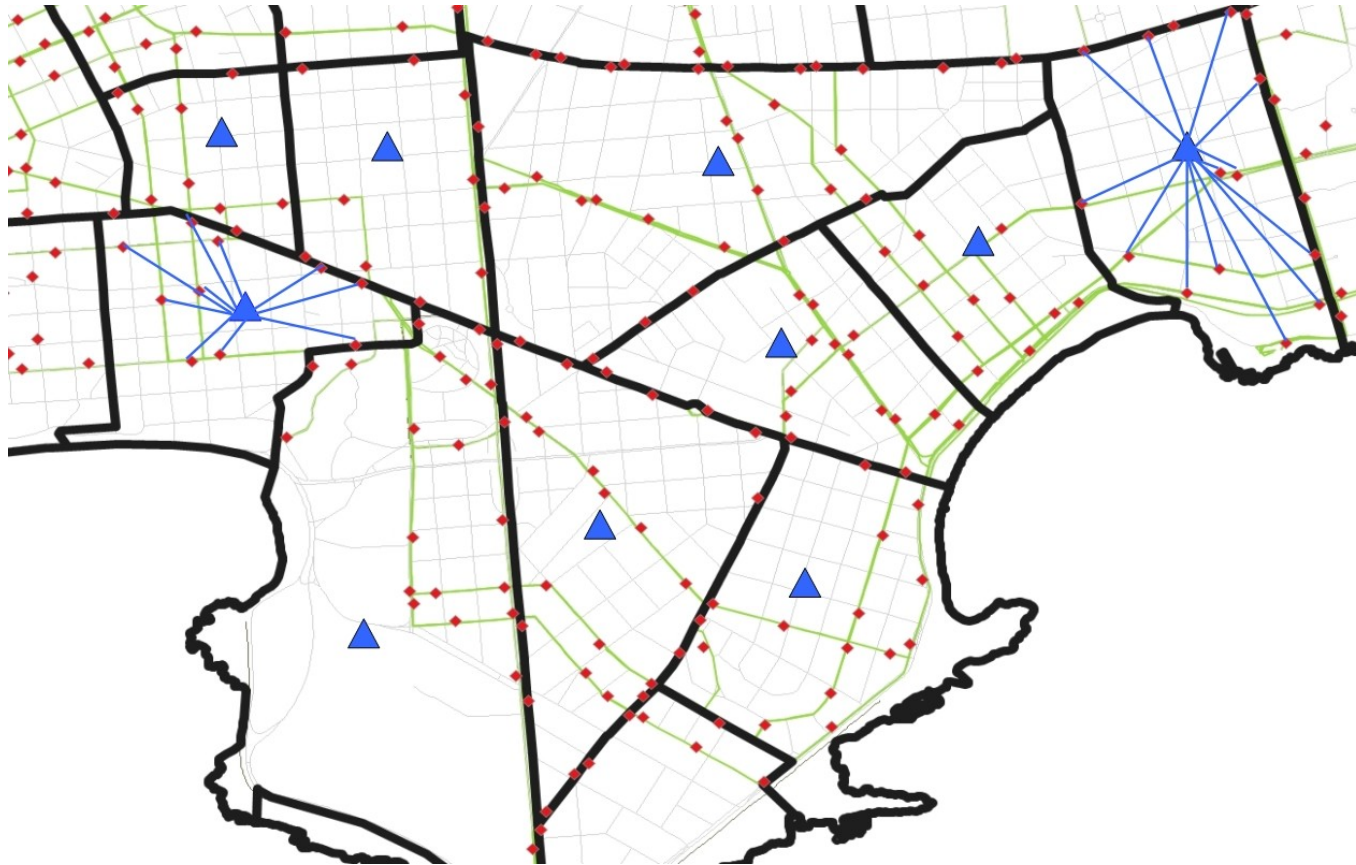
Ejemplo: redes de transporte público y privado



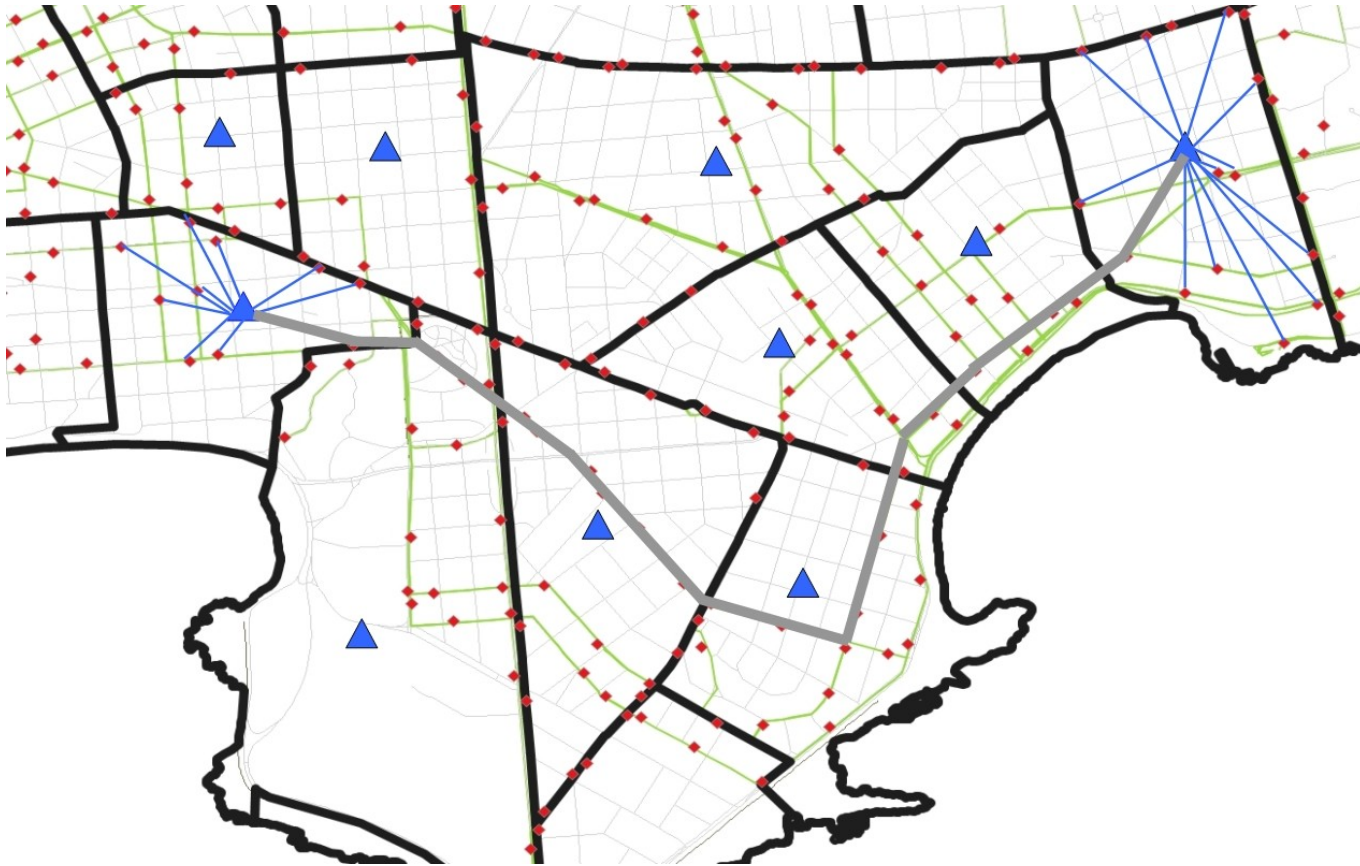
Ejemplo: centroides de zonas



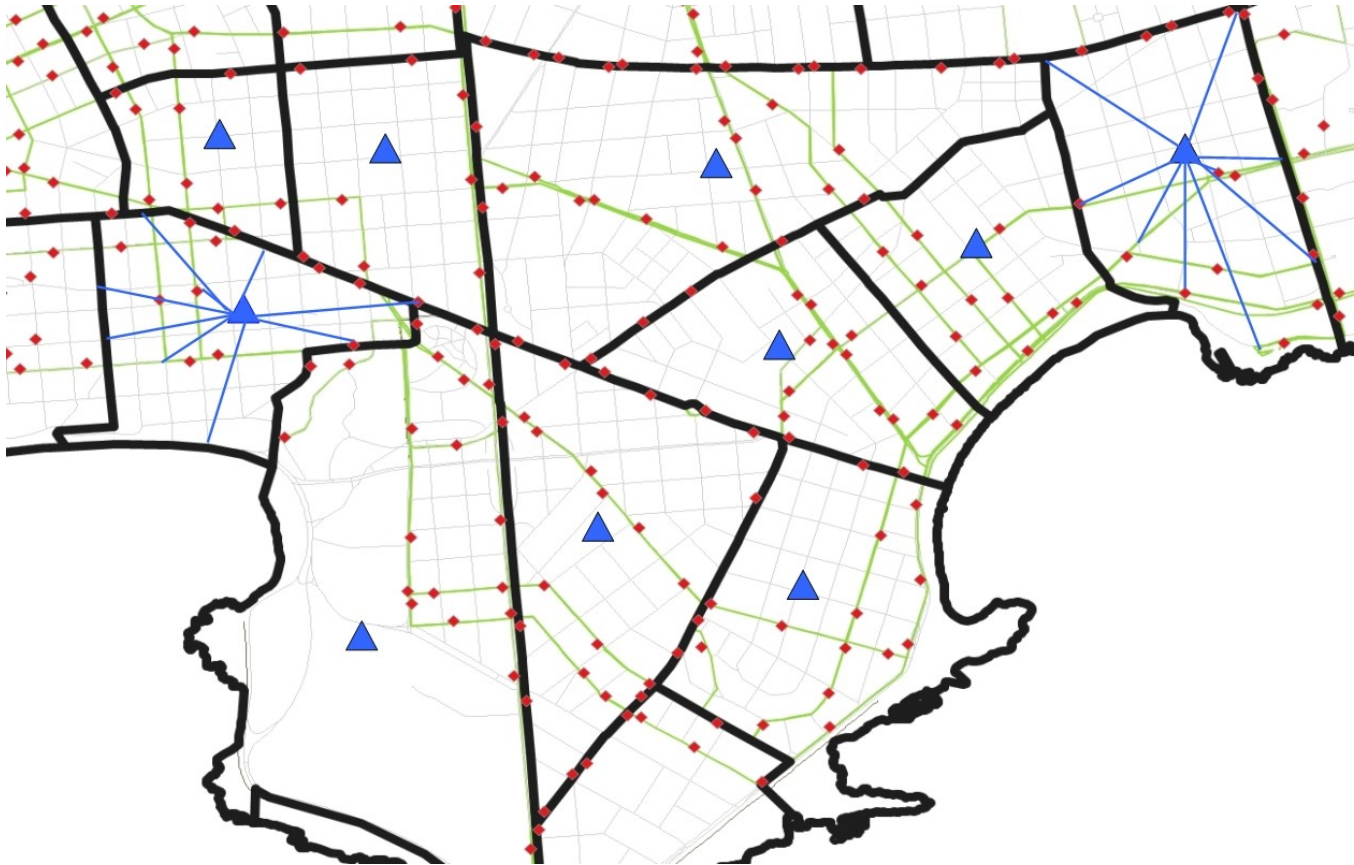
Ejemplo: conectores de transporte público



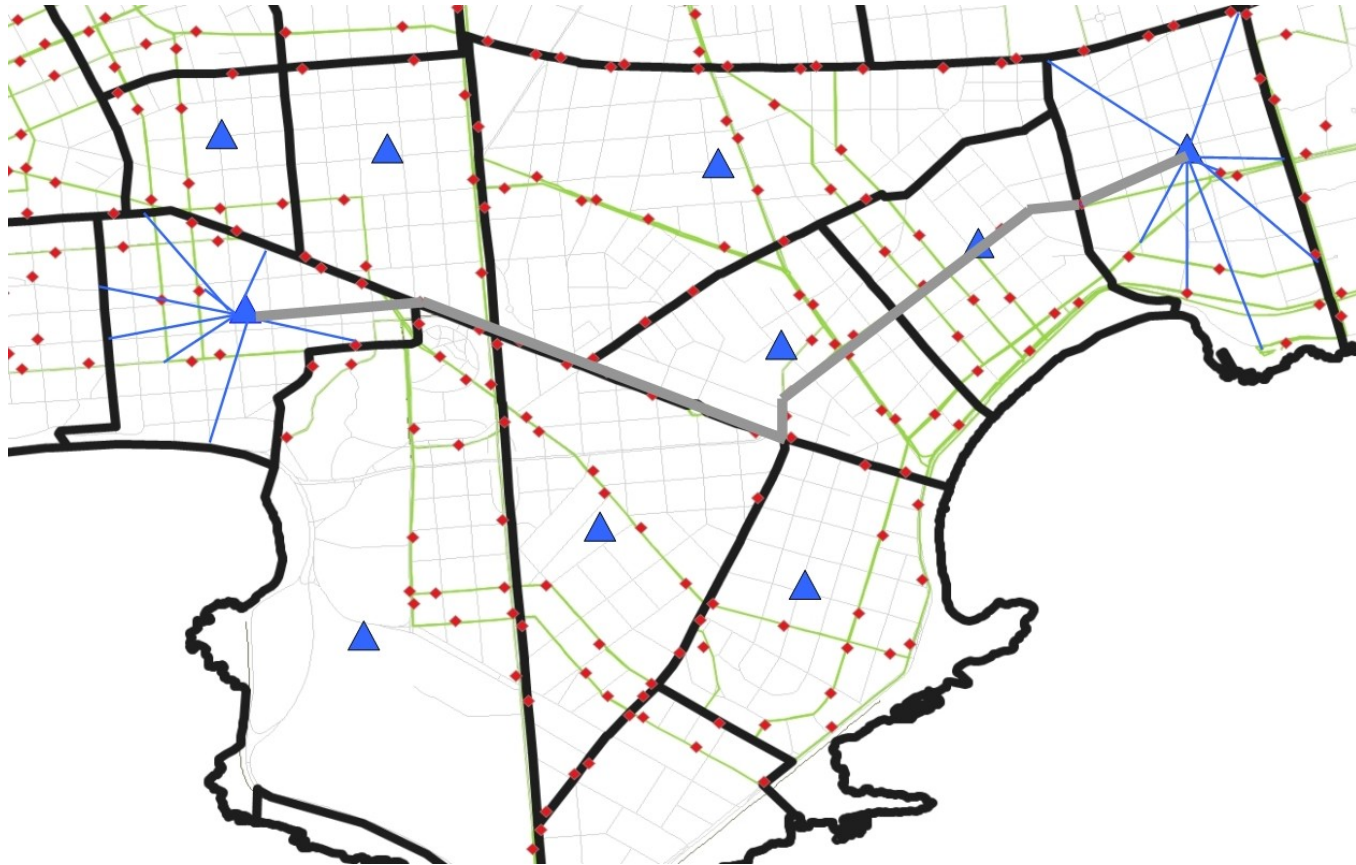
Ejemplo: trayectoria de transporte público



Ejemplo: conectores de transporte privado



Ejemplo: trayectoria de transporte privado



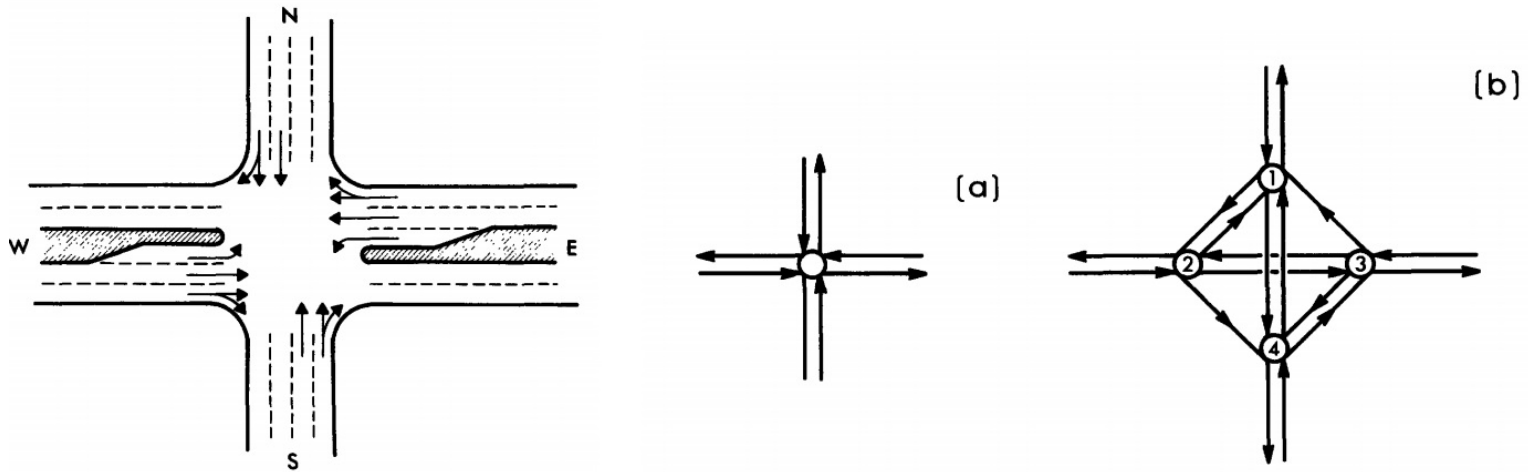
Representación mediante grafos

Grafo dirigido y conexo:

- Nodos: Centroides, intersecciones, paradas de transporte público. Dependiendo del estudio en particular, algunos pueden no ser necesarios.
- Arcos: Largo, velocidad, cantidad de carriles.
- Definición formal: $G = (N, A)$ donde N es el conjunto de nodos y A es el conjunto de arcos, donde cada arco $a \in A$ es un par ordenado de nodos (i, j) (con $i, j \in N$) y tiene atributos como el costo de viaje c_a y capacidad u_a .

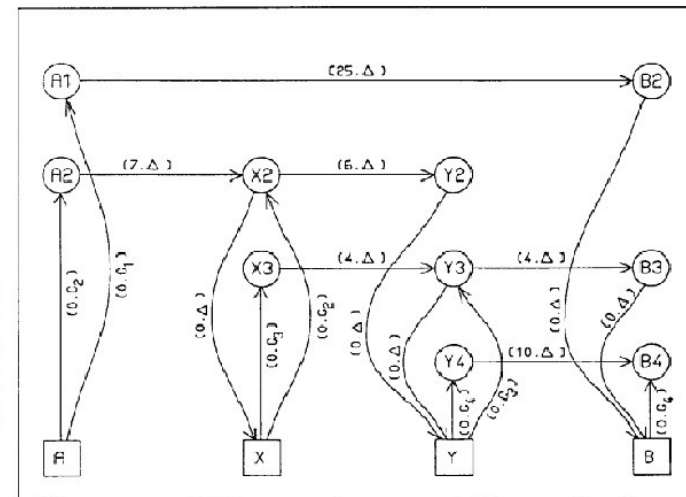
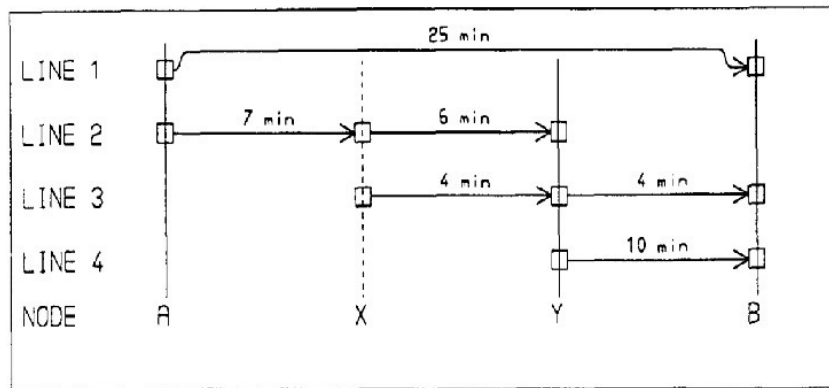
Representaciones específicas

Tráfico vehicular: Restricciones de giros o semáforos.



Representaciones específicas (cont.)

Transporte público: Múltiples líneas paralelas e información no topológica (frecuencia y/o tabla de horarios).



Flujos sobre la red

- Flujo: Cantidad de personas o vehículos que atraviesan un elemento de la red (generalmente un arco) por unidad de tiempo.
- Flujo en vías de tráfico vs. flujo en corredor de transporte público. Significado de la congestión en ambos casos.

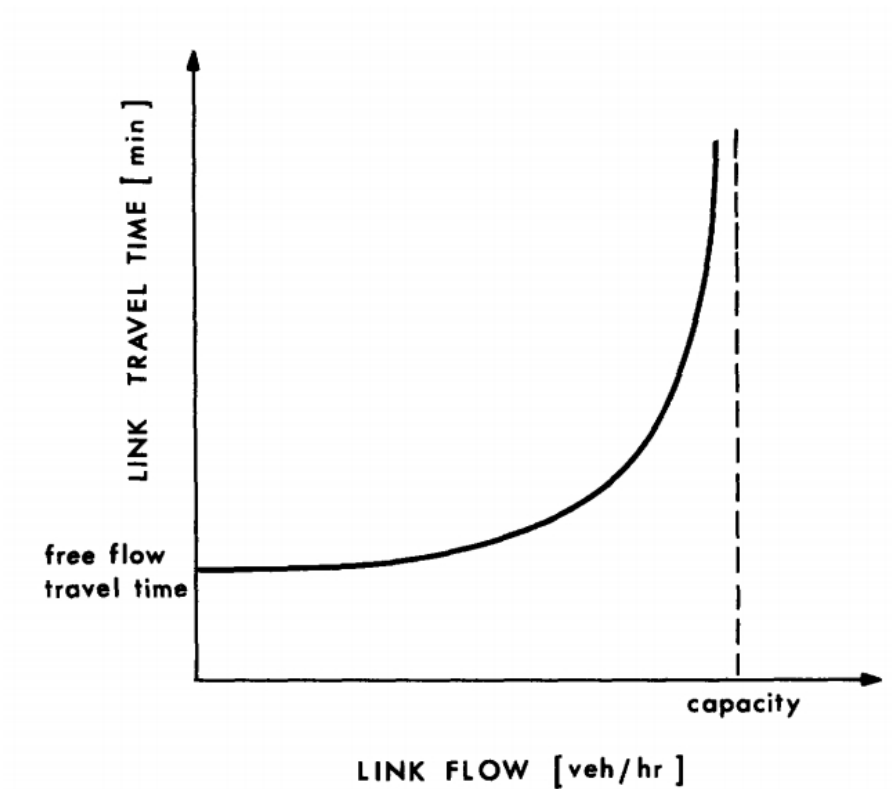
Nivel de servicio

- Determinado a partir de información de la red: Tiempo de viaje (con sus diferentes componentes), tarifa, confort.
- En términos generales, el tiempo de viaje es el factor determinante.
- Se abstrae y se considera un costo generalizado representable mediante elementos de la red.
- Interesa cuantificar el costo generalizado de viajar desde un centroide origen a otro destino, utilizando una determinada oferta de transporte.

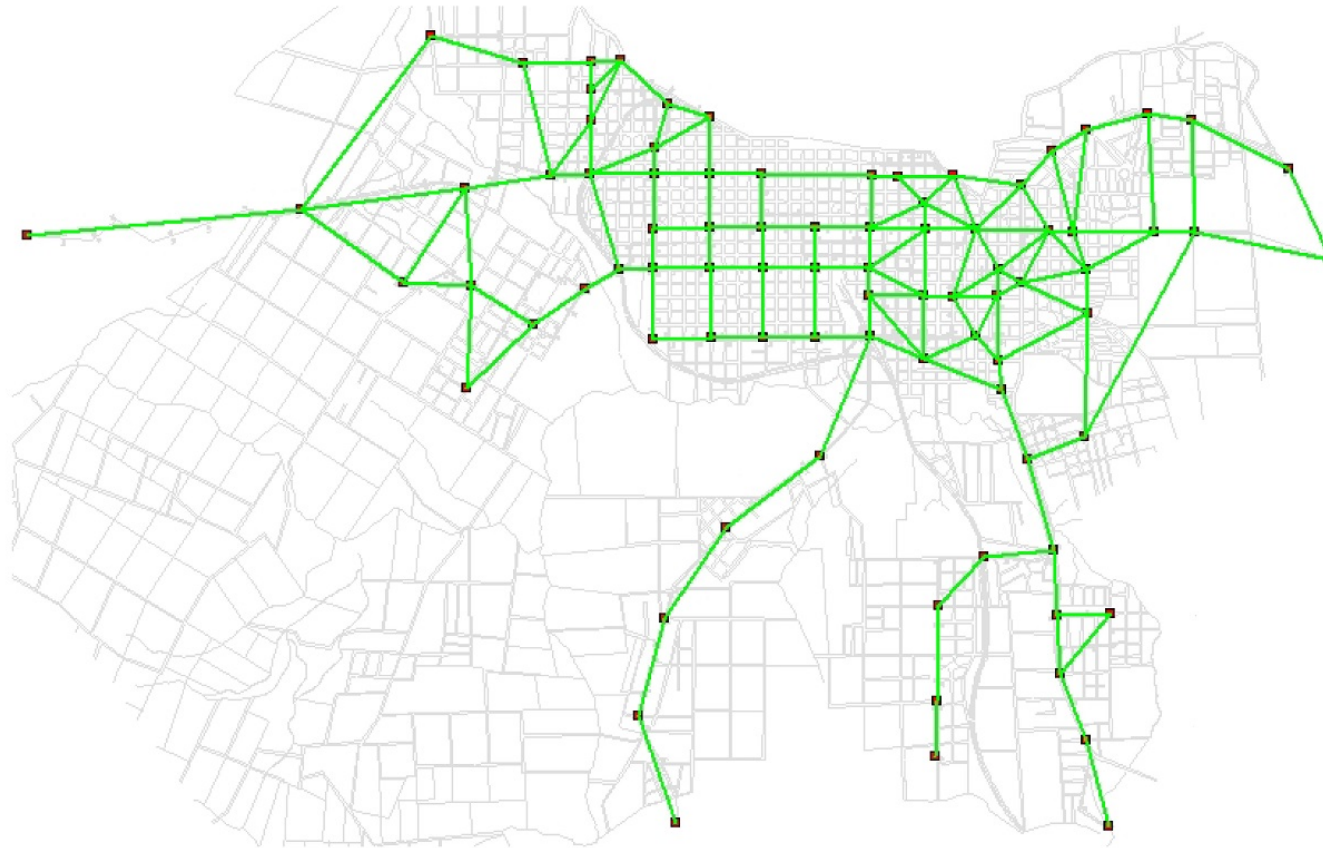
Cuantificación de costos

- En el caso más general, los costos de los arcos son sumables. Permite obtener el costo del camino desde el origen al destino.
- Costo de un arco: Proporcional al largo, velocidad permitida, existencia de semáforos.
- Aspecto fundamental: Costo constante (caminatas, conectores de centroides) o dependiente del flujo del arco (tráfico vehicular, transporte público con congestión).

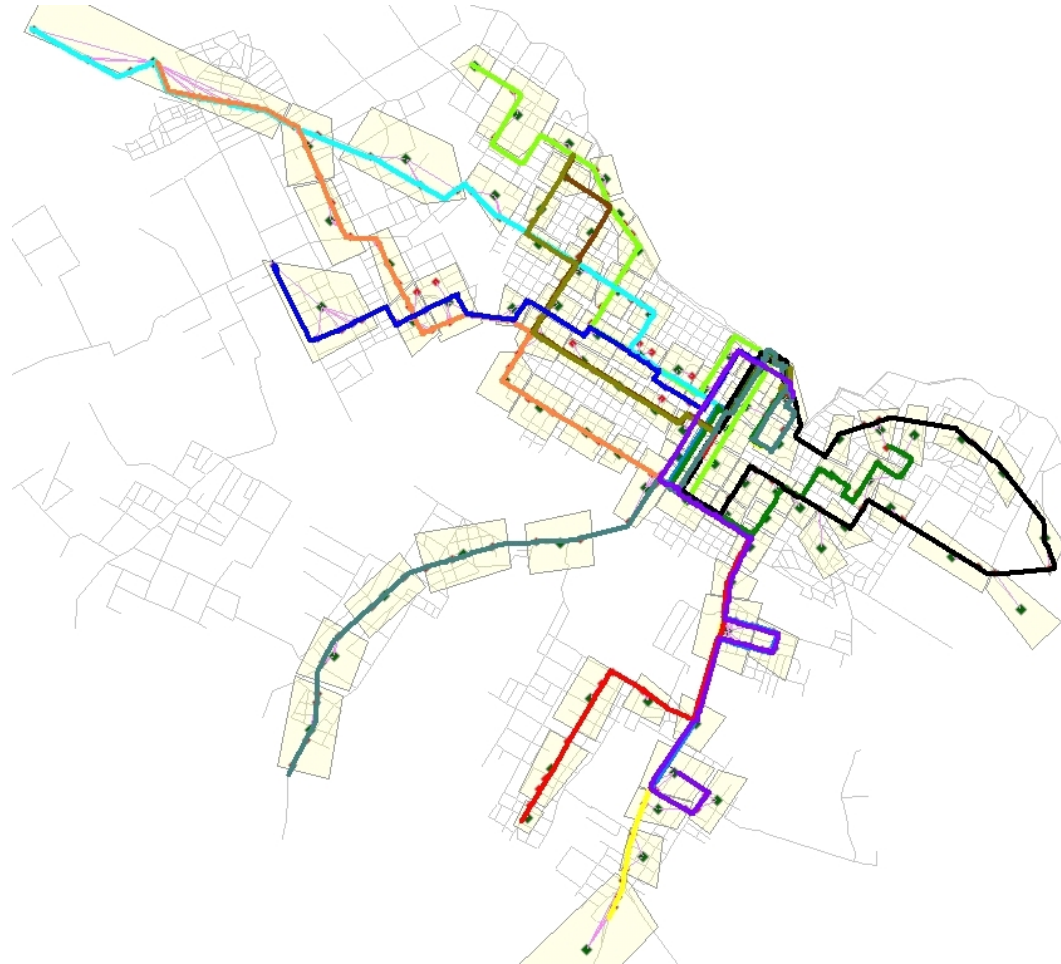
Función de costo



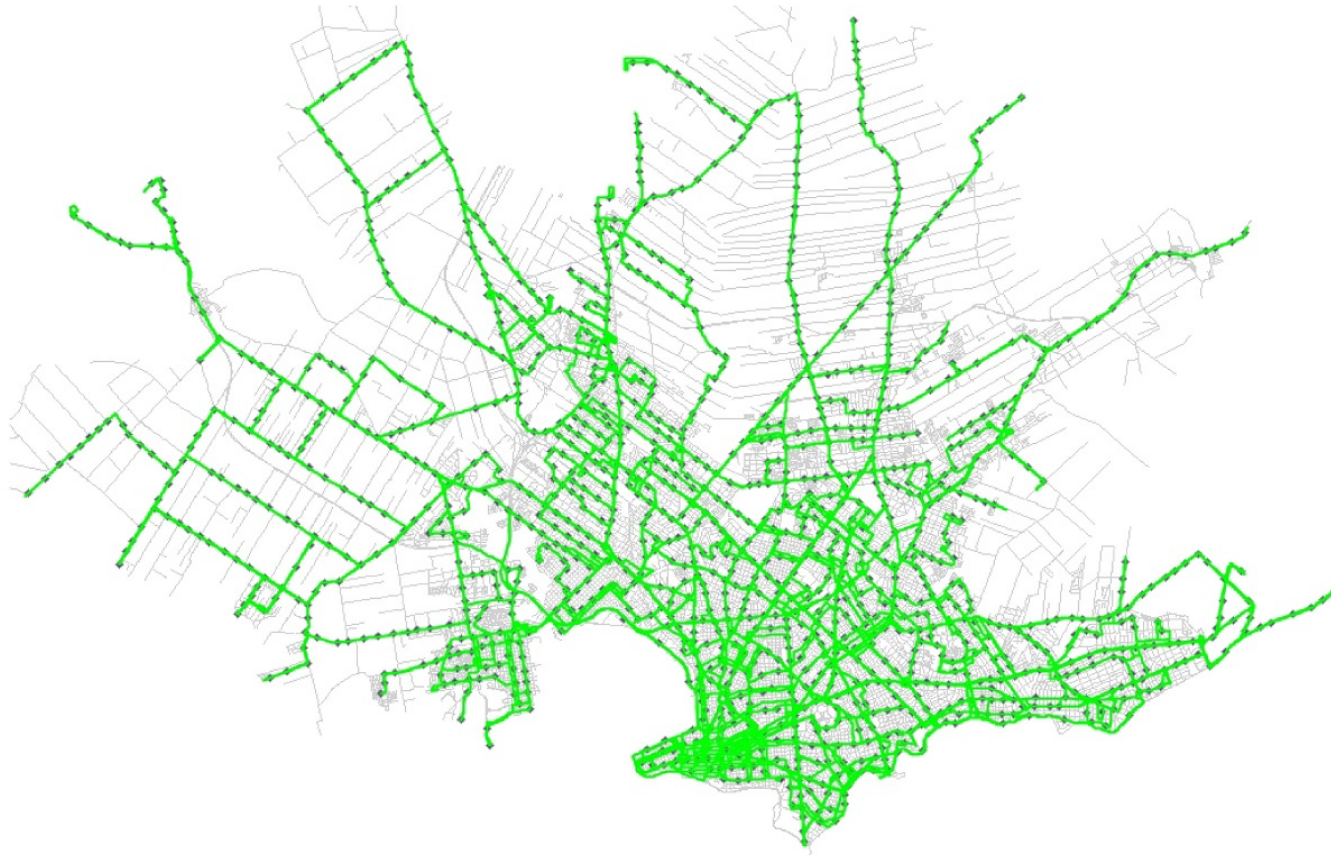
Ejemplo: red para Rivera



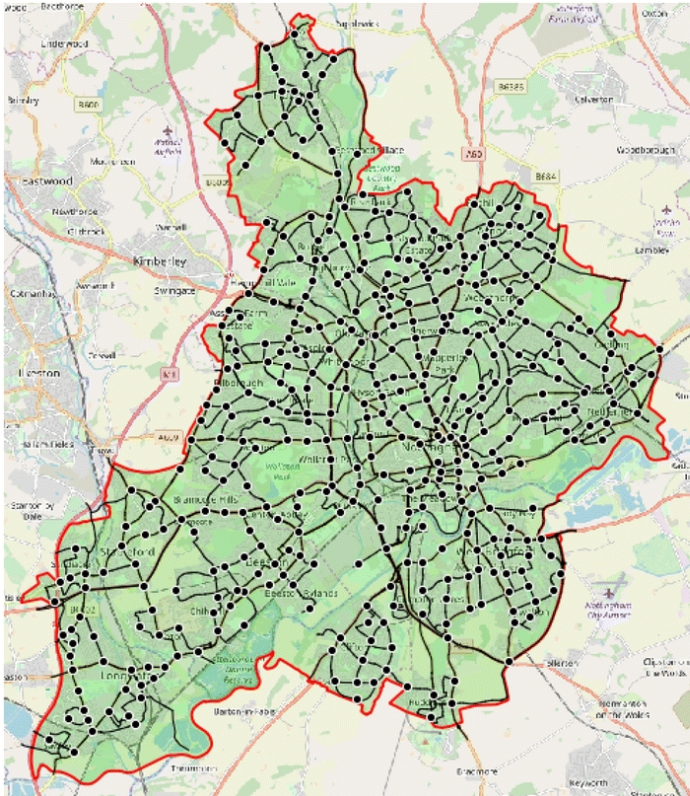
Ejemplo: red detallada para Rivera



Ejemplo: red para Montevideo



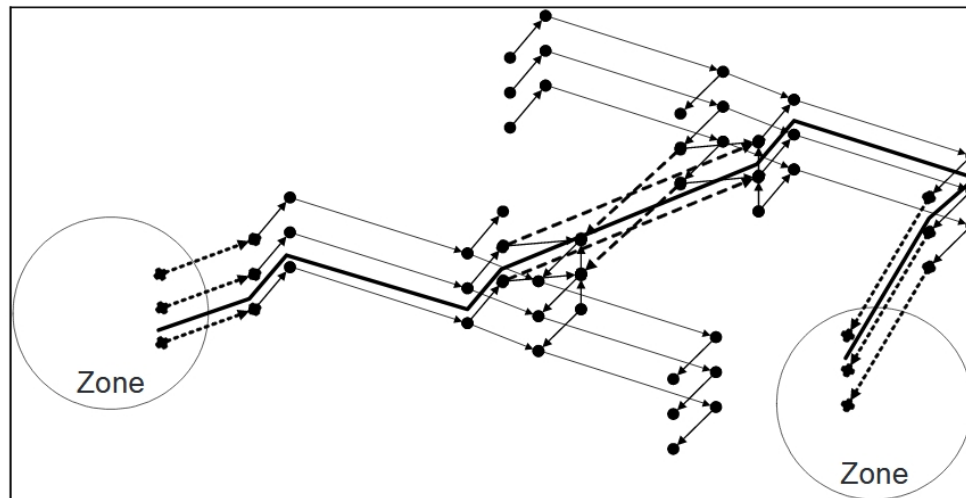
Ejemplo: red para Nottingham, UK¹



¹Philipp Heyken Soares, Christine L. Mumford, Kwabena Amponsah, Yong Mao. An adaptive scaled network for public transport route optimisation. Public Transport <https://doi.org/10.1007/s12469-019-00208-x>

Modelos avanzados

- Representación de aspectos dinámicos de la interacción entre la demanda y la oferta (por ejemplo, a medida que avanza el tiempo).
- La red del modelo no tiene que por qué corresponderse exactamente con la física.



Bibliografía

- Nuzzolo, A; Wilson, NHM (2009) Schedule-Based Modeling of Transportation Networks, Theory and applications. Operations Research/Computer Science Interfaces Series ORCS46, Springer.
- Ortúzar, J de D; Willumsen, L (2011) Modelling Transport. John Wiley & Sons. ISBN: 9780470760390.
- Sheffi, Y (1985) Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods. Prentice Hall. Disponible en http://web.mit.edu/sheffi/www/selectedMedia/sheffi_urban_trans_networks.pdf
- Spiess, H; Florian, M (1989) Optimal strategies: a new assignment model for transit networks. Transportation Research Part B: Methodological 23(2):83-102.

- Notas del docente del curso.