

CI63G Planificación de Sistemas de Transporte Público Urbano

Clase 15
Semestre Otoño 2008

Unidades Temáticas

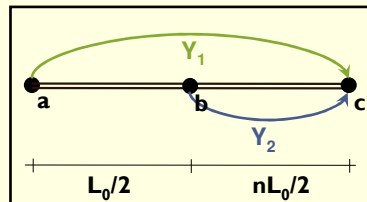
1. La oferta de transporte público urbano (2 semanas)
2. La demanda por TPU (1,5 sem.)
3. **Diseño y optimización de servicios de TPU (2,5 sem.)**
4. Determinación de tarifas en TPU (2,5 sem.)
5. Modelos de planificación de operaciones (2,5 sem.)
6. Equilibrio y asignación en redes de TPU (2,5 sem.)
7. Formas de organización del TPU (1,5 sem.)

Diseño y Optimización de Servicios de TPU

- Costo de usuarios y operadores
- Optimización de una línea aislada con demanda paramétrica
- Extensión a redes sencillas
- **Una línea con demanda desbalanceada**
- Optimización con demanda variable

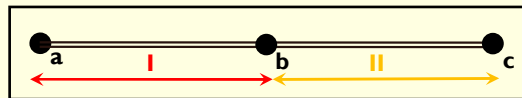
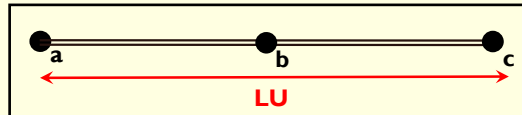
Una Línea con Demanda Desbalanceada

- Estructura de demanda:



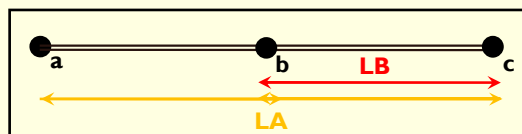
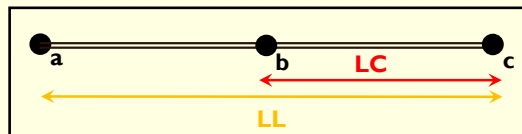
Una Línea con Demanda Desbalanceada

- Se define 4 estructuras de rutas:



Una Línea con Demanda Desbalanceada

- Se define 4 estructuras de rutas:



Una Línea con Demanda Desbalanceada

- Para cada estructura de rutas se resuelve:

$$\text{Min}_{f_i K_i} G_T^l = \sum_i B_i \cdot (c_0 + c_1 K_i) + P_e \bar{t}_e Y + P_v \bar{t}_v Y$$

$$\text{s.a } k_i \leq K_i$$

$$k_i = \frac{\lambda_i}{f_i} \leftarrow$$

$$B_i = f_i \cdot t_c$$

Una Línea con Demanda Desbalanceada

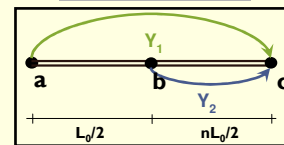
- Ejemplo caso Línea Única

$$t_c = (n+1)T_0 + 2t \frac{Y}{f} \quad \bar{t}_e = \frac{1}{2f}$$

$$t_{v1} = \frac{T_0(n+1)}{2} + \frac{t}{f} Y_2 + \frac{t}{2} \frac{Y}{f} \quad t_{v2} = \frac{T_0 n}{2} + \frac{t}{2} \frac{Y}{f}$$

$$\bar{t}_v = \frac{1}{2Y} \left[T_0(nY + Y_1) + \frac{t}{f} Y^2 + 2 \frac{t}{f} Y_1 Y_2 \right]$$

$$\lambda_i = Y \quad \Rightarrow \quad k_{\max} = \frac{Y}{f}$$

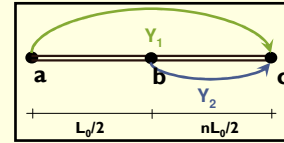


Una Línea con Demanda Desbalanceada

■ Ejemplo caso Línea Única

$$\text{Min}_{f_i, K_i} G_T^l = \sum_i B_i \cdot (c_0 + c_1 K_i) + P_e \bar{t}_e Y + P_v \bar{t}_v Y$$

$$\text{s.a } k_i \leq K_i$$



$$f^* = \sqrt{\frac{Y}{2(n+1)T_0 c_0} \left[P_e + P_v t \left(Y + 2 \frac{Y_1 Y_2}{Y} \right) + 4t Y c_1 \right]}$$

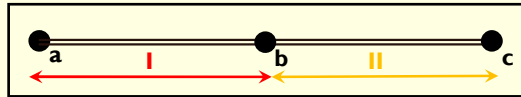
$$K^* = \sqrt{2(n+1)T_0 Y c_0 \left[P_e + P_v t \left(Y + 2 \frac{Y_1 Y_2}{Y} \right) + 4t Y c_1 \right]^{-1}}$$

$$C_T = 2t Y c_0 + 2 \sqrt{\frac{(n+1)T_0 Y c_0}{2} \left[P_e + P_v t \left(Y + 2 \frac{Y_1 Y_2}{Y} \right) + 4t Y c_1 \right]} + \frac{T_0}{2} [P_v (Y_1 + nY) + 2(n+1)Y c_1]$$

Una Línea con Demanda Desbalanceada

■ Resultados para los otros casos

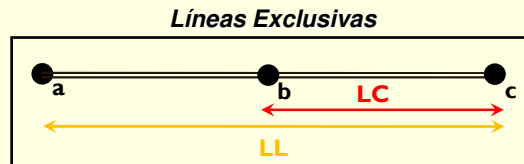
Líneas Con Traslado



$$VRC_T^* = 2tc_0(Y + Y_1) + 2 \cdot \sqrt{\frac{T_0 Y_1 c_0}{2} (P_e + P_v t Y_1 + 4t Y_1 c_1)} + 2 \cdot \sqrt{\frac{nT_0 Y c_0}{2} (P_e + P_v t Y + 4t Y c_1)} + \frac{T_0}{2} (nY + Y_1) (P_v + 2c_1)$$

Una Línea con Demanda Desbalanceada

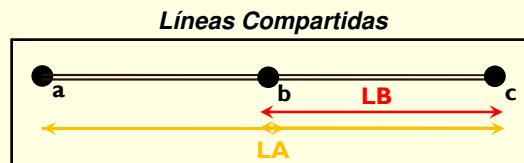
■ Resultados para los otros casos



$$VRC_{LEX}^* = 2tYc_0 + 2 \cdot \sqrt{\frac{(n+1)T_0Y_1c_0}{2}(P_e + P_vtY_1 + 4tY_1c_1)} + 2 \cdot \sqrt{\frac{nT_0Y_2c_0}{2}(P_e + P_vtY_2 + 4tY_2c_1)} + \frac{T_0(Y_1 + nY)}{2}(P_v + 2c_1)$$

Una Línea con Demanda Desbalanceada

■ Resultados para los otros casos



- Pasajeros que van de b a c pueden elegir entre LB y LA
- No tiene solución analítica
- Se resuelve numéricamente

Una Línea con Demanda Desbalanceada

■ Líneas compartidas



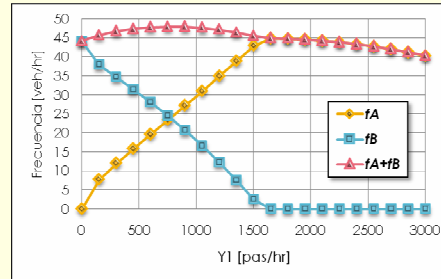
■ Solución numérica con:

- $n = 5$
- $Y = 3.000$ pas/hr
- $P_e = P_v = 1.48$ US\$/hr

■ $c(K) = c \rightarrow$

$$f_{L,A}^* = \sqrt{\frac{Y_1}{2T_0c}} (P_e + P_v Y_1)$$

$$f_{L,B}^* = \sqrt{\frac{Y_2}{2nT_0c}} (P_e + (Y + 3Y_1)P_v) - \sqrt{\frac{Y_1}{2T_0c}} (P_e + P_v Y_1)$$



Una Línea con Demanda Desbalanceada

$Y_1 \rightarrow Y, Y_2 \rightarrow 0$

- $VRC_{LI}^* > VRC_{LEX}^*$
- $VRC_{LI}^* > VRC_{LI}^{**}$
- Líneas **única, exclusivas y compartidas** coinciden.

$Y_1 \rightarrow 0, Y_2 \rightarrow Y$

- $VRC_{LI}^* > VRC_{LEX}^*$
- $VRC_{LI}^* > VRC_{LI}^{**}$
- Líneas con **trasbordo, exclusivas y compartidas** coinciden.

- Y_1 muy grande $\xrightarrow{+ \text{ probable}}$ líneas con **trasbordo** estructura **menos favorable**.

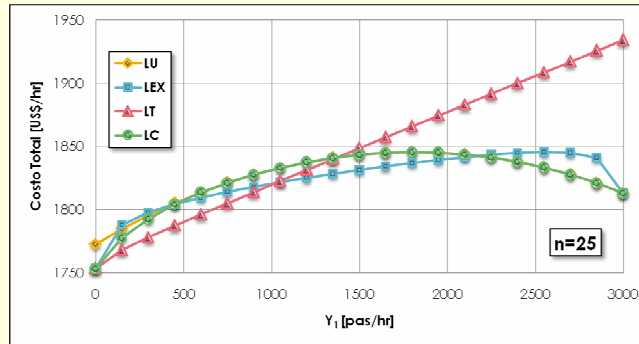
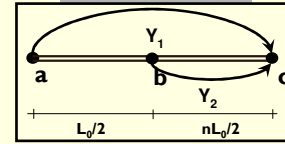
- Y_2 muy grande $\xrightarrow{+ \text{ probable}}$ línea **única** estructura **menos favorable**.

- Estructura más favorable sensible a n



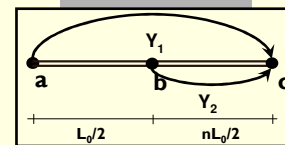
Una Línea con Demanda Desbalanceada

■ Comparación (Ej: $n=25$)



Una Línea con Demanda Desbalanceada

■ ¿Y si sólo se considera el costo de los operadores?



- Cualquier n
- Cualquier Y_1, Y_2



Bibliografía

- Ortega, M. (2008) **Efectos de la omisión del costo de los usuarios en el diseño de servicios de transporte público urbano.** Tesis de Magister, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile (en desarrollo).

CI63G Planificación de Sistemas de Transporte Público Urbano

Clase 15
Semestre Otoño 2008