



FACULTAD DE INGENIERIA  
en acción continua...



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

# **TRANSPORTE**

# **TRABAJO PRÁCTICO**

## **Unidad 3**

***Rutas y redes de transporte público  
de pasajeros***

***Programación del servicio  
Dimensionamiento***

Año 2024

Ing. Gustavo Luis Pastor



## Datos

La Figura 1 muestra un sector central de área metropolitana de una ciudad de 5 millones de habitantes, de alta densidad poblacional. Este sector se caracteriza por ser un punto de importante generación y atracción de viajes por presencia de una estación terminal de ferrocarril de cercanía (Estación FFCC en Figura 1), escuelas, universidades, administración pública, comercios, bancos, hospitales y otros servicios.

La demanda para las distintas rutas, teniendo en cuenta las combinaciones entre las mismas, se conocen de las transacciones de usuarios por sistemas prepagos (tipo SUBE) y registros de la autoridad de planificación del servicio de transporte público de pasajeros (Planillas 1 y 2). En el sector central y su zona de influencia (Centro en Figura 1) se encuentra, para cada ruta, la sección o arco de red donde se produce la máxima demanda (SMD).



Figura 1. Sector central de confluencia de rutas en estudio.

Los paradores o estaciones en las distintas rutas son aptos para unidades de piso bajo y su longitud no debe superar los 50 metros en superficie (buses, tranvías) y 80 metros subterráneas (metro).

Por las características urbanas del sector, la autoridad municipal no acepta paradores tipo BRT de 1m de altura (no se verifican las condiciones geométricas para desarrollar la pendiente de acceso y no desean incorporar puentes peatonales para acceder a los paradores centrales de este tipo).

Todas las rutas mantienen la traza en ambos sentidos (doble sentido de circulación). Es decir, hacen los recorridos ida y vuelta por la misma arteria o infraestructura de transporte.



Las terminales de guarda, regulación de horario y mantenimiento, se ubican en un extremo de cada ruta.

Los **horarios de operación** de los servicios de transporte público se adecuan al siguiente detalle:

- Horas Punta: 7 horas (de 7 a 9 h, de 11,30 a 14,30h, de 17 a 19 h)
- Horas Valle: 13 horas
- Inicio servicios: 4 AM
- Fin de servicios: 12 PM

El **intervalo entre unidades de Hora Valle** se determina a partir de las siguientes relaciones:

- **Ruta 1 y Ruta 3:** Intervalo de Hora Valle = 2 x Intervalo de Hora Punta.
- **Ruta 2:** Intervalo de Hora Valle = 1,75 x Intervalo de Hora Punta.

Estos requisitos son fijados por la autoridad de planificación del transporte público de pasajeros conforme a la demanda, costos y calidad del servicio requerido por los usuarios.

La **Tarifa Plana** que ha determinado la autoridad es:

- Buses y minibuses: \$ 1,50
- LRT (tranvías): \$ 2,20
- Metro: \$ 2,70

Los **costos de operación** son variables conforme al medio utilizado

Minibuses urbanos: unidades de capacidad menor a 30 pasajeros.

- Costo de operación = 3,5 \$/km

Buses urbanos: unidades de capacidad superior a 60 pasajeros.

- Costo de operación = 4,0 \$/km para unidades de capacidad menor o igual a 80 pasajeros
- Costo de operación = 4,5 \$/km para unidades de capacidad mayor a 80 pasajeros

Tranvías o LRT

- Costo de operación = 12 \$/km para unidades de capacidad menor o igual a 250 pasajeros
- Costo de operación = 15 \$/km para unidades de capacidad mayor a 250 pasajeros

Metro

- Costo de operación = 65 \$/km para unidades de capacidad menor o igual a 600 pasajeros
- Costo de operación = 80 \$/km para unidades de capacidad mayor a 600 pasajeros



La **Planilla 1** detalla la demanda diaria total y por sentido; la demanda en hora punta para los distintos sentidos y combinaciones (transbordos) que se generan en el sector de estudio y que corresponden a los valores máximos que permiten el dimensionamiento. Las longitudes de los tramos de periferia a centro y longitud total de línea.

La **Planilla 2**, resume los datos de demanda en hora punta para cada arco de estudio y se ha indicado, para la situación actual de las tres rutas operativas, la SMD y su sentido.

Datos de las distintas rutas a evaluar:

## **Ruta 1**

La Imagen 1 muestra el perfil urbano de la calle en el sector de estudio. Estas características no varían a lo largo de la ruta al igual que la densidad poblacional (hab/ha).



Imagen 1. Perfil urbano de avenida en zona de estudio donde se ubica la Ruta 1.

- Longitud línea (total) = 28 Kilómetros.
- Tiempo espera en terminal de punta = 15 minutos
- Demanda diaria = 11.200 pax/día
- Demanda en la SMD, ver Planilla 2

## **Ruta R2**

La Imagen 2 muestra el perfil urbano de la calle en el sector de estudio. Estas características no varían a lo largo de la ruta al igual que la densidad poblacional (hab/ha).



Imagen 2. Perfil urbano de avenida en zona de estudio donde se ubica la Ruta 2.

- Longitud línea (total) = 18 Kilómetros.
- Tiempo espera en terminal de punta = 3 minutos
- Demanda diaria = 135.000 pax/día
- Demanda en la SMD, ver Planilla 2

### **Ruta R3**

La Imagen 3 muestra el perfil urbano de la calle en el sector de estudio. Estas características no varían a lo largo de la ruta al igual que la densidad poblacional (hab/ha).

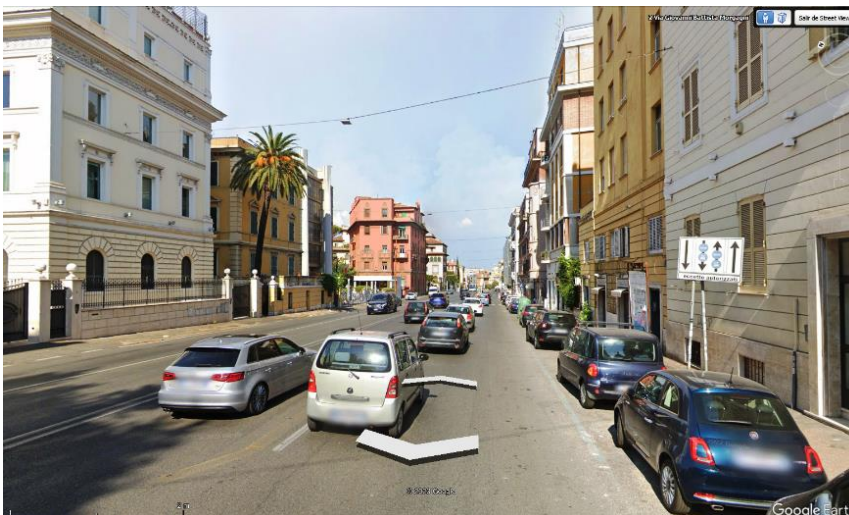


Imagen 3. Perfil urbano de avenida en zona de estudio donde se ubica la Ruta 3.

- Longitud línea (total) = 32 Kilómetros.
- Tiempo espera en terminal de punta = 15 minutos
- Demanda diaria = 8.800 pax/día
- Demanda en la SMD, ver Planilla 2



El gobierno solicita asesoramiento a fin de realizar una inversión en la red que permita satisfacer la actual demanda y permitir extender las inversiones en infraestructura una vida útil de al menos 25 años (tasa de crecimiento de la demanda estimada: 1,65% anual).

No hay restricciones presupuestarias respecto al proyecto a proponer, se cuenta con financiamiento internacional e interesados en invertir desde el sector privado quienes se harán cargo de la operación del servicio.

**A. Para la actual configuración de Rutas determinar para cada una de ellas:**

1. Longitud de la ruta (ida+vuelta).
2. Demanda diaria
3. Volumen de diseño en hora punta (en SMD)
4. Medio elegido (Minibus, Bus, LRT, Metro), marca, longitud.
5. Cv: capacidad de la unidad
6. Velocidad comercial
7. Velocidad de operación
8. Tiempo de recorrido (min) (redondear a entero superior)
9. Tiempo de ciclo (min) (redondear a entero superior)
10. Intervalo hora punta
11. Intervalo hora valle
12. Frecuencia hora punta
13. Frecuencia hora valle
14. Capacidad en Hora Punta
15. Eficiencia Hora Punta
16. Cantidad total de Frecuencias en Hora Punta (redondear a entero superior)
17. Cantidad total de Frecuencias en Hora Valle (redondear a entero superior)
18. Cantidad total de Frecuencias Diarias (redondear a entero superior)
19. Cantidad total de kilómetros a recorrer por día
20. Costo total de operación diario
21. Recaudación diaria (ingresos totales por día)
22. Calcular el índice pasajero kilómetro (IPK)
23. Tarifa Técnica Teórica (TTT)
24. Subsidio total por día (de existir)
25. Porcentaje (referencia al costo total) del subsidio
26. Subsidio por pasajero (en caso de ser necesario).
27. Beneficio por día (de existir)
28. Flota **mínima** necesaria
29. Flota total

**B. Para la actual red determinar**

1. Demanda total diaria
2. Frecuencias totales diarias
3. Cantidad total de kilómetros a recorrer por día
4. Calcular el índice pasajero kilómetro (IPK)
5. Costo total de operación
6. Tarifa Técnica Teórica (TTT)
7. Recaudación diaria (ingresos totales por día)



8. Subsidio total por día (de existir)
9. Porcentaje (referencia costo total) del subsidio
10. Subsidio por pasajero (en caso de ser necesario).
11. Beneficio por día (de existir)

### C. Para la actual demanda y manteniendo las líneas actuales

1. Plantear y resolver, conforme a lo solicitado en el punto A) y B), **una propuesta superadora, más eficiente, de la actual red.**
2. Justifique su propuesta detallando que medidas deben implementarse.

### D. Análisis y acciones

Elija una ruta. Modifique la velocidad comercial adoptada en la resolución del punto B buscando mejorar la prestación. Esta velocidad debe ser acorde al medio elegido. Analice que valores se modifican de los calculados en el punto B y como inciden en el sistema (usuarios, operador, comunidad, Estado). ¿Qué medidas debe implementar para llegar a obtener la velocidad comercial que ha modificado?

### E. Conclusiones

Comentar los resultados obtenidos



## PLANILLA 1 - Referencias del viaje de la demanda

Primera letra : ORIGEN DEL VIAJE

**T: zona transbordo en terminal del FFCC**

Segunda letra: DESTINO DEL VIAJE

### RUTA 1

#### Longitudes de línea

Tramo A1 = 7 km

Tramo 1B = 7 km

Longitud TOTAL (ida+vuelta) = 28 km

Demanda diaria total = 11.200 pax/día

Demanda diaria A1 = 5.680 pax/día

Demanda diaria 1B = 5.520 pax/día

#### Demanda en hora punta, pasajero / sentido

AB (pasante) = 330 pax/h/sent

BA (pasante) = 360 pax/h/sent

A1 = 260 pax/h/sent

1A = 105 pax/h/sent

B1 = 300 pax/h/sent

1B = 115 pax/h/sent

#### Trasbordan a RUTA 2

A1C = 110 pax/h/sent

A1D = 120 pax/h/sent

B1C = 115 pax/h/sent

B1D = 125 pax/h/sent

### RUTA 2

#### Longitudes de línea

Tramo CT = 4,4 km

Tramo TD = 4,6 km

Longitud TOTAL (ida+vuelta) = 18 km

Demanda diaria total = 135.000 pax/día

Demanda diaria tramo CT = 68.600 pax/día

Demanda diaria tramo TD = 66.400 pax/día

#### Demanda en hora punta, pasajero / sentido

CD (pasante) = 6540 pax/h/sent

DC (pasante) = 6580 pax/h/sent

CT = 4250 pax/h/sent

TC = 410 pax/h/sent

TD = 380 pax/h/sent

DT = 4410 pax/h/sent

#### Trasbordan a RUTA 1

C1A = 120 pax/h/sent

C1B = 110 pax/h/sent

D1A = 120 pax/h/sent

D1B = 140 pax/h/sent

#### Trasbordan a RUTA 3

C2E = 118 pax/h/sent

C2F = 16 pax/h/sent

D2E = 132 pax/h/sent

D2F = 18 pax/h/sent

### RUTA 3

#### Longitudes de línea

Tramo E2 = 8,3 km

Tramo 2F = 7,7 km

Longitud TOTAL (ida+vuelta) = 32 km

Demanda diaria total = 8.800 pax/día

Demanda diaria tramo E2 = 5.800 pax/día

Demanda diaria tramo 2F = 3.000 pax/día

#### Demanda en hora punta, pasajero / sentido

EF (pasante) = 184 pax/h/sent

FE (pasante) = 170 pax/h/sent

E2 = 410 pax/h/sent

2E = 220 pax/h/sent

F2 = 65 pax/h/sent

2F = 40 pax/h/sent

#### Trasbordan a RUTA 2

E2C = 108 pax/h/sent

E2D = 98 pax/h/sent

F2C = 50 pax/h/sent

F2D = 45 pax/h/sent





### PLANILLA 2 - Demandas hora punta por sentido y tramo

RUTA 1		RUTA 1	
Dirección	AB	Dirección	BA
Tramo	A1	Tramo	B1
Pasante	330 pax/h/sent	Pasante	360 pax/h/sent
A1 =	260 pax/h/sent	B1 =	300 pax/h/sent
A1C =	110 pax/h/sent	B1C =	115 pax/h/sent
A1D =	120 pax/h/sent	B1D =	125 pax/h/sent
<b>Total =</b>	<b>820 pax/h/sent</b>	<b>Total =</b>	<b>900 pax/h/sent</b>

**Demanda máxima**

**900 pax/h/sent**

900

Tramo	1B	Tramo	1A
Pasante	330 pax/h/sent	Pasante	360 pax/h/sent
1B =	115 pax/h/sent	1A =	105 pax/h/sent
C1B =	110 pax/h/sent	C1A =	120 pax/h/sent
D1B =	140 pax/h/sent	D1A =	120 pax/h/sent
<b>Total =</b>	<b>695 pax/h/sent</b>	<b>Total =</b>	<b>705 pax/h/sent</b>

### Demandas hora punta por sentido y tramo

RUTA 2		RUTA 2	
Dirección	CD	Dirección	DC
Tramo	CT	Tramo	DT
Pasante	6540 pax/h/sent	Pasante	6580 pax/h/sent
CT =	4250 pax/h/sent	DT =	4410 pax/h/sent
C1A =	120 pax/h/sent	D1A =	120 pax/h/sent
C1B =	110 pax/h/sent	D1B =	140 pax/h/sent
C2E =	118 pax/h/sent	D2E =	132 pax/h/sent
C2F =	16 pax/h/sent	D2F =	18 pax/h/sent
<b>Total =</b>	<b>11154 pax/h/sent</b>	<b>Total =</b>	<b>11400 pax/h/sent</b>

**Demanda máxima**

**11400 pax/h/sent**

11400

Tramo	TD	Tramo	TC
Pasante	6540 pax/h/sent	Pasante	6580 pax/h/sent
TD =	380 pax/h/sent	TC =	410 pax/h/sent
A1D =	120 pax/h/sent	A1C =	110 pax/h/sent
B1D =	125 pax/h/sent	B1C =	115 pax/h/sent
E2D =	98 pax/h/sent	E2C =	108 pax/h/sent
F2D =	45 pax/h/sent	F2C =	50 pax/h/sent
<b>Total =</b>	<b>7308 pax/h/sent</b>	<b>Total =</b>	<b>7373 pax/h/sent</b>

### Demandas hora punta por sentido y tramo

RUTA 3		RUTA 3	
Dirección	EF	Dirección	FE
Tramo	E2	Tramo	F2
Pasante	184 pax/h/sent	Pasante	170 pax/h/sent
E2 =	410 pax/h/sent	F2 =	65 pax/h/sent
E2C =	108 pax/h/sent	F2C =	50 pax/h/sent
E2D =	98 pax/h/sent	F2D =	45 pax/h/sent
<b>Total =</b>	<b>800 pax/h/sent</b>	<b>Total =</b>	<b>330 pax/h/sent</b>

**Demanda máxima**

**800 pax/h/sent**

Tramo	2F	Tramo	2E
Pasante	184 pax/h/sent	Pasante	170 pax/h/sent
2F =	40 pax/h/sent	2E =	220 pax/h/sent
C2F =	16 pax/h/sent	C2E =	118 pax/h/sent
D2F =	18 pax/h/sent	D2E =	132 pax/h/sent
<b>Total =</b>	<b>258 pax/h/sent</b>	<b>Total =</b>	<b>640 pax/h/sent</b>

T: zona transbordo en terminal del FFCC