

Estudios tipo "sube y baja" en líneas urbanas de autobús (*)

Por EDUARD ALBORS FREIXEDAS

Ingeniero de Caminos
Transportes de Barcelona, S. A.

El artículo expone la metodología de los estudios tipo "sube y baja" aplicada en Transportes de Barcelona, S. A. Se describe el trabajo de campo, el programa de ordenador que trata la información recogida, y los conceptos teóricos que permiten conocer de forma cuantitativa la distribución temporal y espacial de una línea de autobuses urbanos.

INTRODUCCION

Este trabajo puede considerarse como la segunda parte de un artículo recientemente publicado en esta Revista por el autor (1). Por tanto son válidas las mismas consideraciones que expusimos en aquella introducción.

Siguiendo nuestra línea de trabajo, trataremos uno de los métodos creados para conocer la demanda de una línea de autobuses, obteniendo conclusiones que permitan mejorar la oferta prestada.

En orden creciente de complejidad, podemos citar como métodos para la cuantificación de la demanda, los siguientes:

1. "Métodos simplificados"
2. Estudios tipo "sube y baja"
3. Estudios tipo "origen-destino"

"Métodos simplificados". En esta categoría podría incluirse la metodología expuesta en el artículo citado (1), cuya aplicación genera una estimación del tiempo de recorrido entre terminales y unas cargas aproximadas de la línea en las secciones más cargadas de cada sentido. Con estos valores puede dimensionarse ésta, siendo —en la actualidad— el sistema aplicado en Transportes de Barcelona, S. A.

Estudios tipo "sube y baja". Este método consiste esencialmente en ubicar unos observadores en el interior de los vehículos, los cuales anotan los pasajeros que ascienden y

Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que pueden remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 3 de febrero de 1983.

descienden por parada. De esta forma se obtienen las paradas más importantes y los tramos entre ellas más cargados, lo cual permite introducir ciertas variaciones de itinerario si la distribución espacial resultante de la demanda parece aconsejarlo. Asimismo pueden valorarse los flujos horarios de viajeros, resultado indispensable para el dimensionado de la línea analizada.

Estudio tipo "origen-destino". En los métodos simplificados obteníamos una estimación de la demanda en la sección más cargada (por sentido) de la línea, mientras que en los estudios "sube y baja" obteníamos los valores de la carga en cada tramo de la línea; ahora bien en ninguno de los dos casos podíamos cuantificar flujos de viajeros entre paradas o zonas de paradas. Los estudios tipo "origen-destino" tienen como objetivo elaborar unos cuadros de doble entrada (matrices O-D) que indican los flujos de viajeros entre paradas o zonas de paradas, posibilitando un planteamiento global de la oferta en su doble vertiente de dimensionamiento y trazado de la línea.

En el presente artículo analizaremos los estudios "sube y baja" tal y como están siendo llevados a cabo en Transportes de Barcelona, S. A.

RECOGIDA DE DATOS Y SU POSTERIOR EXPLOTACION

Como apuntábamos más arriba los estudios tipo "sube y baja" consisten en ubicar unos observadores dentro de los autobuses de una

ESTUDIOS TIPO "SUBE Y BAJA" EN LINEAS URBANAS DE AUTOBUS

línea de forma que vayan anotando para cada viaje, los viajeros que suben y bajan en cada parada.

Teniendo en cuenta que si deseamos presentar algún valor numérico tenemos que describir un caso concreto, nos referimos de ahora en adelante a la línea 59 (P.^a Marítimo-Pl. Reina M.^a Cristina) de la red urbana de Barcelona. Esta línea tiene una longitud (ida+ vuelta) de 17,9 Kms., 11 autobuses asignados y puede considerarse como diametral, cruzando la Pl. Cataluña (centro neurálgico de Barcelona) casi a la mitad de su itinerario. En la figura 1 está representada con la numeración de sus paradas en ambos sentidos de su recorrido.

En cada autobús se sitúan tantos observadores como puertas tenga el vehículo, entregando

a cada observador dos impresos (uno para cada sentido de la línea) similares al representado en la figura 2.

En el ejemplo de la figura se registrarían los viajeros que "suben" en un viaje de su sentido 1, o sea, desde P.^a Marítimo hasta Pl. M.^a Cristina. Destaca la organización del impreso en "casillas" con el fin de facilitar el proceso por ordenador de la información recogida.

Cada observador —antes de iniciar un viaje— debe cumplimentar las primeras 24 "casillas" del impreso. El significado de cada una de ellas es evidente excepto las número 19 y 20, las cuales responden a una tipología preestablecida de los autobuses y sus puertas, de manera que, conocidas estas dos características pueda reconocerse de forma automática si los valores de las "casillas" 31 y 32

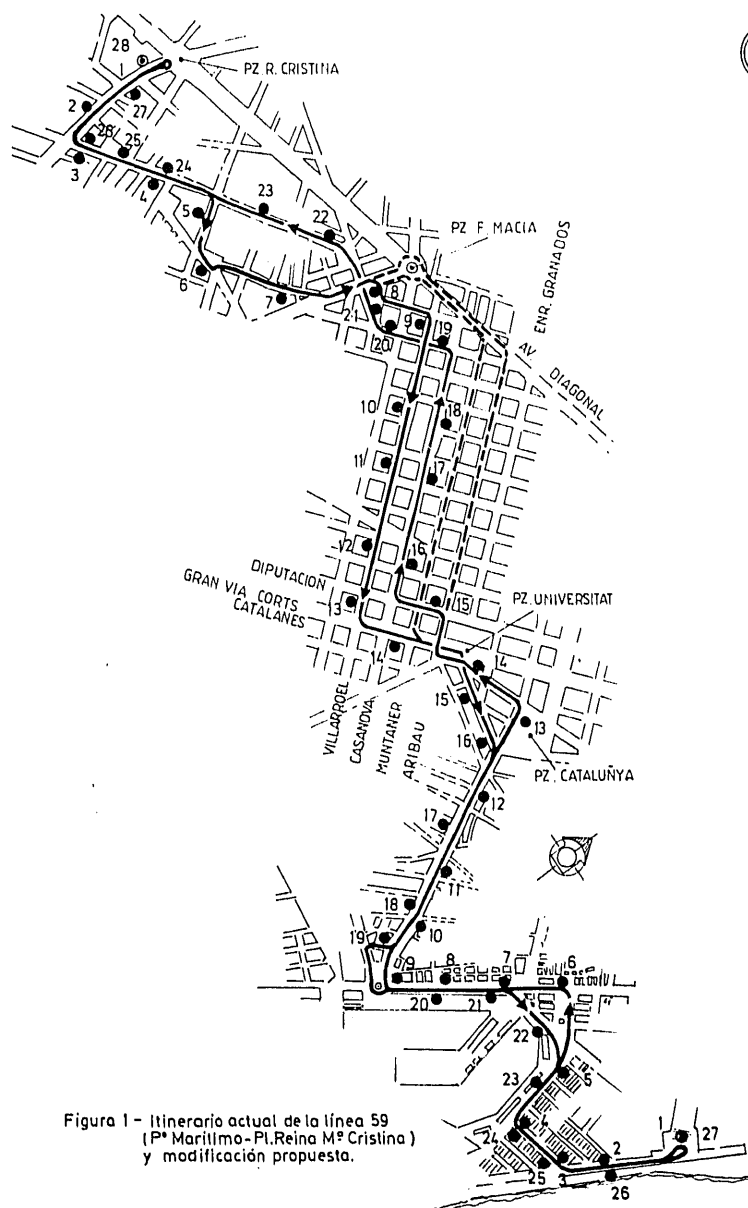


Figura 1 - Itinerario actual de la línea 59 (P.^a Marítimo-Pl. Reina M.^a Cristina) y modificación propuesta.



OFICINA TÉCNICA DE TRAFICO

ANÁLISIS DE CARGA

CODIGO		OBSERVADOR		FECHA		LINEA		SENTIDO		TURNO	
T B I I				5 6 7 8 9 10		11 13		14			
AUTOBUS		NUMERO		TIPO AUTOBUS		PUERTA NUMERO		HORA DE SALIDA		HORA DE LLEGADA	
		15 16		19				HORA MIN.		HORA MIN.	
		21 23						25 27			
PARADAS											
29	10	Pasaje Marítimo (CRIGBY)									
28	9	Pasaje Marítimo - C. Andrés Doria									
27	8	C. Almirante Cervera									
26	7	Pasaje Barceloneta (Pasaje Nacional) 1. ^a									
25	6	Pasaje Barceloneta (Pasaje Nacional) 2. ^a									
24	5	Plaza Palacio									
23	4	Correos									
22	3	Pasaje Colón - Plaza Duque de Medinaceli									
21	2	Colón									
20	1	Ramblas - Plaza del Teatro									
19	0	Ramblas - Liceo									
18	9	Ramblas - "SEPU"									
17	8	Plaza Cataluña									
16	7	Ronda Universidad									
15	6	C. Diputación - C. Aribau									
14	5	C. Casanova - C. Consejo de Clinto									
13	4	C. Casanova - C. Mallorca (Mercado)									
12	3	Hospital Clínico									
11	2	C. Londres - C. Casanova									
10	1	C. Londres - C. Urgel									
9	0	Avda. Sarrià									
8	9	Travesera de las Cortes - Avda. Sarrià									
7	8	Travesera de las Cortes - C. Constanza									
6	7	Travesera de las Cortes - C. Galileo									
5	6	Travesera de las Cortes - C. Juan Oñell (Mercado)									
4	5	Carlos III - Travesera de las Cortes									
3	4	Carlos III - C. Europa									
2	3	Carlos III - Diagonal (FINAL)									
1	2										
0	1										
29	10	VIAJEROS SUBEN									
28	9										
27	8										
26	7										
25	6										
24	5										
23	4										
22	3										
21	2										
20	1										
19	0										
18	9										
17	8										
16	7										
15	6										
14	5										
13	4										
12	3										
11	2										
10	1										
9	0										
8	9										
7	8										
6	7										
5	6										
4	5										
3	4										
2	3										
1	2										
0	1										

Figura 2 - Ejemplo de impreso normalizado para el trabajo de campo.

corresponden a viajeros que ascienden o descienden del vehículo.

Durante el viaje del autobús, el observador cumplimentará las columnas 31 y 32, y por último cuando el vehículo llegue al terminal o puesto el observador anotará la hora de llegada en las "casillas" 25 a 28.

La novedad que nos ha movido a presentar este informe es la elaboración por Transportes de Barcelona, S. A. de un programa de ordenador que trata los datos recogidos y calcula unos resultados que se expondrán más adelante. Como características destacables de este programa citaremos la tipología de los autobuses y sus puertas para conocer si los viajeros anotados suben o bajan del autobús, el registro de las horas de salida y llegada de cada viaje con el fin de aparear los viajeros que han ascendido y descendido en cada trayecto efectuado, y el reparto de los errores cometidos por los observadores. En efecto, se ha elaborado un programa previo que comprueba —para cada viaje— si el número total de viajeros que han subido al autobús coincide con el número total que ha descendido. En el supuesto de aparecer una discrepancia, se comprueba si su valor absoluto es mayor o menor al 10% de los viajeros transportados en dicho viaje. Si la discrepancia es superior se desechan todos los registros correspondientes a dicho viaje, pero si es inferior se corrige por exceso esa diferencia. Este incremento del número de pasajeros hasta igualar ambos sumandos se efectúa de la manera siguiente (consultar un tratado de probabilidades (2) para mayores detalles):

- A cada parada del sentido con menos viajeros transportados, se le asigna una probabilidad igual a la frecuencia relativa del número de viajeros que suben (o bajan) en ella para ese viaje.
- De este modo queda definida una variable aleatoria discreta, estableciéndose una biyección entre los elementos de dicha variable aleatoria y el segmento de la recta real $(0,1)$.
- Utilizando una subrutina de generación de números aleatorios, se asigna un viajero a la parada correspondiente al número aleatorio extraído.
- Se reitera el paso anterior hasta que se anula la discrepancia detectada en ese viaje.

Explicado el proceso de recogida de datos y algunas características de su proceso por ordenador, nos parece necesario tratar un aspecto muchas veces olvidado en este tipo de estudios: el tamaño de la muestra.

La unidad muestral es en estos casos el viaje entre terminales. El tamaño muestral a elegir, condicionado fundamentalmente por el presupuesto asignado, depende de la oferta de la línea. Podemos diferenciar las siguientes situaciones:

- Líneas de frecuencia superior a 10 pasos/hora. Es suficiente controlar un tercio de los autobuses asignados.
- Líneas de frecuencia comprendida entre 3 pasos/hora y 10 pasos/hora.
Es suficiente controlar la mitad de los autobuses asignados.
- Líneas de frecuencia inferior a 3 pasos/hora. Deben controlarse todos los autobuses.

Los ratios anteriores deben considerarse como mínimos puesto que si podemos aumentar el tamaño muestral aumentará la fiabilidad de la muestra. Una vez elegidos los autobuses que han de controlarse, se efectuará la observación de todos los viajes que realice el autobús ese día, pudiendo por motivos de personal prolongar el trabajo de campo durante varias jornadas.

Expuestas las consideraciones anteriores, debemos indicar que los listados producidos por el programa de ordenador son los siguientes:

- Relación de los pasajeros que suben y bajan en cada parada de cada viaje. (Inventario de los datos recogidos).
- Volumen horario de viajeros transportados por sentido.
- Movimiento en cada parada de la línea.
- Carga en cada tramo de la línea.

VOLUMEN DE VIAJEROS TRANSPORTADOS

Es el primer listado global que elabora el ordenador y representa la distribución temporal de la demanda detectada en la línea en estudio.

Refiriendo siempre cada viaje a su hora de

ESTUDIOS TIPO "SUBE Y BAJA" EN LINEAS URBANAS DE AUTOBUS

LÍNEA: 59

NÚMERO DE VIAJEROS TRANSPORTADOS

SENTIDO: Pº MARITIMO - PL. Mª CRISTINA

PERÍODO	NÚMERO DE VIAJEROS TRANSPORTADOS	NÚMERO DE VIAJES OBSERVADOS	NÚMERO DE VIAJEROS POR VIAJE
7 h. - 8 h.	360	6	60 (60'00)
8 h. - 9 h.	423	7	60 (60'42)
9 h. - 10 h.	391	5	76 (76'20)
10 h. - 11 h.	758	8	95 (94'75)
11 h. - 12 h.	500	5	100 (100'00)
12 h. - 13 h.	691	6	114 (113'50)
13 h. - 14 h.	360	3	120 (120'00)
14 h. - 15 h.	518	7	74 (74'00)
15 h. - 16 h.	360	5	72 (72'00)
16 h. - 17 h.	223	4	56 (55'75)
17 h. - 18 h.	490	6	82 (81'66)
18 h. - 19 h.	367	5	73 (73'40)
19 h. - 20 h.	370	5	74 (74'00)
20 h. - 21 h.	251	4	63 (62'75)
21 h. - 22 h.	177	3	59 (59'00)

LÍNEA: 59

NÚMERO DE VIAJEROS TRANSPORTADOS

SENTIDO: PL. Mª CRISTINA - Pº MARITIMO

PERÍODO	NÚMERO DE VIAJEROS TRANSPORTADOS	NÚMERO DE VIAJES OBSERVADOS	NÚMERO DE VIAJEROS POR VIAJE
7 h. - 8 h.	368	5	54 (53'60)
8 h. - 9 h.	401	5	60 (60'20)
9 h. - 10 h.	549	7	72 (72'42)
10 h. - 11 h.	773	6	129 (128'66)
11 h. - 12 h.	677	6	101 (101'16)
12 h. - 13 h.	430	5	86 (84'00)
13 h. - 14 h.	220	4	55 (55'00)
14 h. - 15 h.	343	5	69 (68'60)
15 h. - 16 h.	439	5	88 (87'60)
16 h. - 17 h.	504	7	72 (72'00)
17 h. - 18 h.	366	4	65 (65'00)
18 h. - 19 h.	303	6	51 (50'50)
19 h. - 20 h.	204	5	41 (40'40)
20 h. - 21 h.	115	3	38 (38'33)
21 h. - 22 h.	11	2	26 (25'50)

CUADRO 1

CUADRO 2

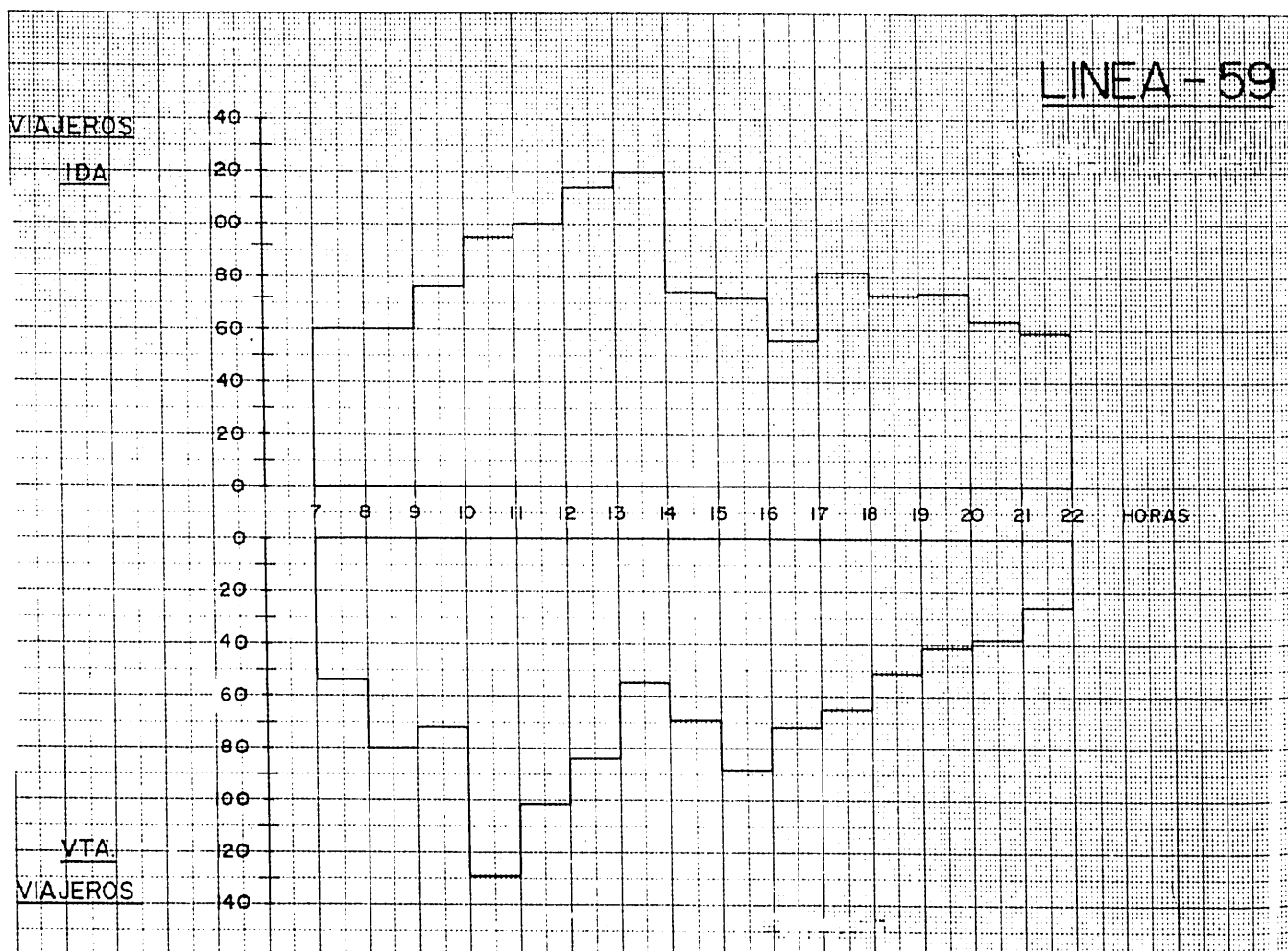


Figura 3 - Número de viajeros transportados por viaje.

ESTUDIOS TIPO "SUBE Y BAJA" EN LINEAS URBANAS DE AUTOBUS

En la tabla exponemos en los cuadros 1 y 2 la variación horaria del número de viajeros transportados. La primera columna hace referencia al número total de viajeros transportados en el conjunto de viajes observados que se indican en la segunda columna. La tercera columna es el cociente entre las anteriores cantidades, y por su carácter normalizado resalta las horas de mayor ocupación. El cuadro 1 se refiere al sentido de ida y el cuadro 2 al de vuelta. En la figura 3 representamos de forma gráfica los viajeros por viaje de los cuadros anteriores.

Como podemos apreciar, el período de más carga se produce entre las 10 y las 14 horas, lo cual apunta hacia desplazamientos de movilidad no obligada y elevada utilización de los pases de libre circulación para jubilados. (Dichos pases, distribuidos por el Ayuntamiento de Barcelona, no son válidos entre las 7 y las 10 horas y entre las 18 y las 21 horas de los días laborables).

ACTIVIDAD DE LAS PARADAS

Como su propio nombre indica, por actividad de las paradas entendemos el movimiento de viajeros (subidas o bajadas) que en ellas se produce.

Para efectuar análisis comparativos hemos definido como índice de actividad (I.A.) de una parada el cociente entre los pasajeros que suben (o bajan) a (de) los autobuses en esa parada, y el número de autobuses observados. La relación de los índices de actividad en todas las paradas de una línea nos da una idea de la distribución espacial de la demanda en la misma.

En el Anexo 1 se encuentran las tablas de equivalencia numérica utilizadas en la línea 59.

Los cuadros 3 y 4 recogen para cada sentido el número total de viajeros que han subido o bajado en cada parada, el número de viajes observados y su cociente o índice de actividad de la misma.

CUADRO 1
ACTIVIDAD DE LAS PARADAS
SENTIDO: EL NOROCCIDENTAL - EL NOROCCIDENTAL

PARADA	SUBIDAS			BAJADAS		
	Nº de viajeros	Nº de autobuses	Nº medio de viajeros por autobús	Nº de viajeros	Nº de autobuses	Nº medio de viajeros por autobús
1	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
2	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
3	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
4	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
5	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
6	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
7	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
8	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
9	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
10	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
11	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
12	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
13	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
14	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
15	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
16	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
17	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
18	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
19	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
20	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
21	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
22	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
23	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
24	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
25	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
26	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
27	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
28	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
29	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
30	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
31	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
32	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
33	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
34	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
35	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
36	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
37	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
38	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
39	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
40	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
41	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
42	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
43	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
44	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
45	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
46	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
47	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
48	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
49	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
50	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
51	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
52	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
53	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
54	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
55	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
56	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
57	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
58	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
59	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
60	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
61	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
62	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
63	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
64	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
65	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
66	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
67	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
68	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
69	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
70	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
71	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
72	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
73	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
74	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
75	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
76	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
77	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
78	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
79	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
80	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
81	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
82	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
83	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
84	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
85	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
86	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
87	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
88	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
89	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
90	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
91	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
92	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
93	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
94	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
95	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
96	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
97	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
98	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
99	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)
100	10	1	(10'00)	10	1	(10'00)

CUADRO 3

CUADRO 4
ACTIVIDAD DE LAS PARADAS
SENTIDO: EL NOROCCIDENTAL - EL NOROCCIDENTAL

PARADA	SUBIDAS			BAJADAS		
	Nº de viajeros	Nº de autobuses	Nº medio de viajeros por autobús	Nº de viajeros	Nº de autobuses	Nº medio de viajeros por autobús
1	114	36	3 (3'14)	0	0	0 (0'00)
2	143	36	4 (3'54)	0	0	0 (0'00)
3	111	36	3 (3'03)	7	36	2 (0'09)
4	894	36	25 (4'52)	0	36	0 (0'11)
5	369	36	10 (3'03)	46	36	1 (0'63)
6	232	36	6 (3'06)	80	36	1 (0'12)
7	244	36	7 (3'56)	90	36	1 (1'05)
8	306	36	8 (3'30)	120	36	2 (1'04)
9	447	36	12 (3'59)	116	36	2 (1'52)
10	503	36	14 (3'46)	217	36	3 (2'56)
11	67	36	2 (3'03)	124	36	2 (2'01)
12	228	36	6 (3'00)	107	36	1 (1'40)
13	294	36	8 (3'30)	168	36	2 (2'21)
14	0	36	1 (3'14)	223	36	3 (2'03)
15	144	36	4 (3'59)	444	36	6 (5'04)
16	142	36	4 (3'52)	522	36	7 (6'59)
17	152	36	4 (3'50)	766	36	10 (9'54)
18	214	36	6 (3'54)	275	36	4 (3'51)
19	0	36	1 (3'13)	185	36	2 (2'17)
20	14	36	0 (0'27)	127	36	2 (1'47)
21	20	36	0 (0'43)	314	36	4 (4'18)
22	0	36	0 (0'00)	193	36	3 (2'53)
23	20	36	0 (0'30)	336	36	4 (4'42)
24	288	36	8 (3'30)	337	36	4 (4'43)
25	0	36	0 (0'00)	224	36	3 (2'54)
26	0	36	0 (0'00)	93	36	1 (1'22)
27	0	36	0 (0'00)	359	36	5 (4'72)

Merece destacarse la importancia de la parada Ramblas-Virreina (I.A=9,94 bajadas), la cual sirve —entre otros centros— al célebre mercado de la Boquería. Existen otras paradas importantes que tienen su explicación para el conocedor de la geografía barcelonesa, siendo —en general— las que están situadas entorno a la Pl. Cataluña o bien dan servicio a mercados o centros sanitarios. Asimismo, la parada más cercana a la Pl. F. Macià tiene una actividad destacable.

PERFIL DE CARGA

Conocidos —para cada viaje— los viajeros que suben y bajan por parada, es fácil calcular el número de personas que viajan en cada tramo de la línea analizada. A este número de pasajeros que se encuentran dentro del

LINEA: 59

PERFIL DE CARGA

SENTIDO: Pº MARITIMO - PL. Mª CRISTINA

Tramo*	Nº de viajeros	Nº de viajes	Nº de viajeros por tramo y viaje
1	422	80	5 (5'27)
2	536	80	7 (6'70)
3	857	80	11 (10'71)
4	1.304	80	16 (16'30)
5	1.627	80	20 (20'33)
6	2.113	80	26 (26'41)
7	2.404	80	30 (30'05)
8	2.464	80	31 (30'80)
9	2.528	80	32 (31'60)
10	2.621	80	33 (32'76)
11	2.714	80	34 (33'92)
12	2.988	80	37 (37'35)
13	3.132	80	39 (39'15)
14	3.193	80	40 (39'91)
15	3.225	80	40 (40'31)
16	3.183	80	40 (39'78)
17	2.969	80	37 (37'11)
18	2.743	80	34 (34'28)
19	2.387	80	30 (29'83)
20	2.211	80	28 (27'63)
21	1.981	80	25 (24'76)
22	1.659	80	21 (20'73)
23	1.371	80	17 (17'13)
24	1.084	80	14 (13'55)
25	845	80	11 (10'56)
26	583	80	7 (7'28)
27	372	80	5 (4'65)

* Tramo I: Espacio entre paradas I e I+1

CUADRO 5

autobús en los diferentes tramos de la misma, se le denomina perfil de carga del viaje.

En los cuadros 5 y 6 exponemos —para cada sentido— el número total de viajeros en los diferentes tramos de la línea, el número de viajes observados por sentido, y su cociente que representa el perfil de carga medio. Asimismo, en la figura 4 representamos dicho perfil medio conjuntamente con unas flechas a escala que indican la diferente actividad de las paradas.

A tenor de esta gráfica podemos distinguir un perfil "típico" y muy compensado (simétrico respecto al punto medio de la línea), con unas paradas terminales destacables y unas zonas de máxima ocupación situadas en el centro de la ciudad. También es posible detectar la renovación del pasaje a lo largo de su recorrido, característica ésta muy propia de una línea diametral.

LINEA: 59

PERFIL DE CARGA

SENTIDO: PL. Mª CRISTINA - Pº MARITIMO

Tramo*	Nº de viajeros	Nº de viajes	Nº de viajeros por tramo y viaje
1	414	76	5 (5'44)
2	605	76	8 (7'96)
3	1.010	76	13 (13'28)
4	1.355	76	18 (17'82)
5	1.646	76	22 (21'65)
6	1.831	76	24 (24'09)
7	2.042	76	27 (26'86)
8	2.240	76	29 (29'47)
9	2.571	76	34 (33'82)
10	2.777	76	37 (36'53)
11	2.999	76	39 (39'46)
12	3.120	76	41 (41'05)
13	3.056	76	40 (40'21)
14	2.924	76	38 (38'47)
15	2.661	76	35 (35'01)
16	2.330	76	31 (30'65)
17	2.006	76	26 (26'39)
18	1.945	76	26 (25'59)
19	1.866	76	25 (24'55)
20	1.760	76	23 (23'15)
21	1.475	76	19 (19'40)
22	1.288	76	17 (16'94)
23	980	76	13 (12'89)
24	673	76	9 (8'85)
25	452	76	6 (5'94)
26	359	76	5 (4'72)

* Tramo I: Espacio entre paradas I e I + 1

CUADRO 6

ESTUDIOS TIPO "SUBE Y BAJA" EN LINEAS URBANAS DE AUTOBUS

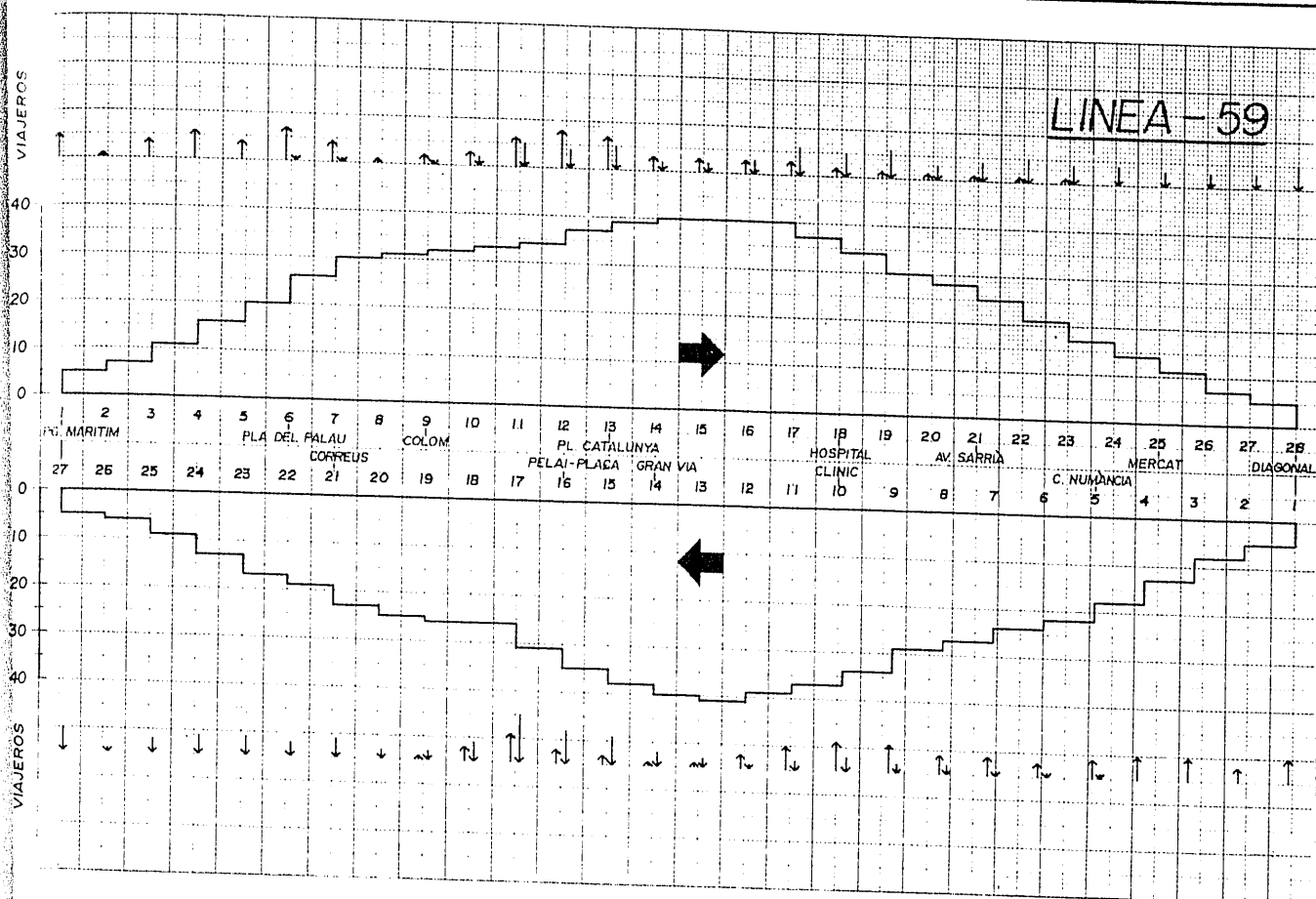


Figura 4 - Perfil de carga y actividad de las paradas.

DIMENSIONADO DE LA LINEA

Para efectuar el dimensionado por capacidad de una línea de autobuses debemos conocer los flujos de viajeros en la sección más cargada y los tiempos de recorrido. En este apartado hemos tomado como tiempos de recorrido de la línea 59 los vigentes en su actual horario, exponiendo a continuación el método seguido para el cálculo de los flujos de viajeros.

Definimos como índice de carga (I.C.) de un viaje el cociente entre el número de viajeros en el autobús en el tramo más cargado y el número total de viajeros transportados en ese viaje.

Los índices de carga medios de la línea 59, teniendo en cuenta todos los viajeros observados, son los siguientes:

$$C (\text{sensido 1}) = \frac{3.225}{6.240} = 0,517$$

$$C (\text{sensido 2}) = \frac{3.120}{5.446} = 0,573$$

(Estos valores del I.C. cercanos al 0,5 reflejan una gran renovación del pasaje como ya apuntábamos más arriba.)

Multiplicando los viajeros transportados por viaje (cuadros 1 y 2) por los índices de carga, resultan los viajeros que pasan por viaje por la sección más cargada de la línea en cada sentido (cuadro 7). Y efectuando el producto de esos valores por la frecuencia teórica de la línea se obtiene el número total de viajeros por las citadas secciones, siendo el mayor valor de ambos sentidos el flujo de viajeros (Q) que entra en la fórmula de dimensionado que se indica a continuación.

$$N = \frac{Q \cdot T}{M \cdot C}$$

N = Número de autobuses necesarios por capacidad en el período de tiempo considerado.

Q = Flujo máximo de viajeros en el período de tiempo considerado.

T = Tiempo en minutos para dar un autobús una vuelta completa, en el período de tiempo considerado.

M = Período de tiempo considerado en minutos.

C = Capacidad máx. admisible por autobús.

Los autobuses resultantes por capacidad están recogidos en el cuadro 7, siendo esta oferta lógicamente proporcional a los máximos valores de los cuadros 1 y 2. Si se desea profundizar en el tema del dimensionado de líneas de autobús puede consultarse (1).

LINEA: 59

DIMENSIONADO POR CAPACIDAD

PERIODO	Número viajeros por viaje en sección más cargada		Número autobuses necesarios por capacidad
	SENTIDO IDA	SENTIDO VUELTA	
7 h. - 8 h.	32	31	5
8 h. - 9 h.	32	46	7
9 h. - 10 h.	40	42	7
10 h. - 11 h.	49	74	12
11 h. - 12 h.	52	58	9
12 h. - 13 h.	59	49	9
13 h. - 14 h.	63	32	9
14 h. - 15 h.	39	40	6
15 h. - 16 h.	38	51	8
16 h. - 17 h.	29	42	7
17 h. - 18 h.	43	38	7
18 h. - 19 h.	38	29	6
19 h. - 20 h.	39	24	6
20 h. - 21 h.	33	22	5
21 h. - 22 h.	31	15	3

CUADRO 7

CONCLUSIONES

En los anteriores apartados hemos expuesto la metodología de un estudio tipo "sube y baja" tal y como se está aplicando en Transportes de Barcelona, S. A. Los resultados obtenidos permiten conocer tanto demanda temporal de la línea en estudio (viajeros transportados a lo largo del día) como su demanda espacial (actividad de las paradas y perfil de carga). Con estos valores sobre la mesa y dando por supuesto el conocimiento del entorno no urbanístico y del resto de la red, puede

decidirse si cabe alguna modificación en la oferta prestada.

En la línea 59 (P.^º Marítimo-Pl. Reina M.^ª Cristina) que se ha tomado como ejemplo para desarrollar este artículo, propusimos una modificación de itinerario, de forma que pasara por la Pl. F. Maciá. Este cambio nos ha parecido razonable por los siguientes motivos

- Fuerte atraktividad (empleo, servicios y compras) de la zona que tiene su centro en la Pl. F. Maciá
- Importante actividad en las paradas de la línea que están más cercanas a la ciudad plaza (n.^º 19 sentido de ida y n.^º 9 sentido de vuelta).
- Existencia de otra línea (la número 15) coincidente con la 59 desde la Gran Vía de Carlos III hasta la C. Infanta Carlota, que tiene problemas de capacidad de transporte en las horas punta. (Problema que no existe en la línea 59 y por lo tanto puede reforzarse la 15.)

Esta propuesta ha sido efectuada recientemente por lo cual no ha podido ser implantada y por tanto no es posible comparar entre ambas situaciones.

Pensamos que la generalización de estos estudios es una herramienta útil para la toma de decisiones de los responsables de explotación en las empresas de transporte colectivo colaborando además en la tecnificación de un sector tan falto de criterios cuantitativos.

AGRADECIMIENTO

Debemos resaltar la eficiente colaboración de Montserrat Carbó analista de la división de Informática de Transportes Municipales de Barcelona en la elaboración de los programas de ordenador.

REFERENCIAS

- 1.—ALBORS, E.: "Método simplificado de dimensionamiento para líneas urbanas de autobuses", Rev. Sta. Obras Públicas, n.^º 3.197. Madrid, octubre 1981.
- 2.—BENJAMIN, J. R. and CORNELL, C. A.: "Probability Statistics and Decision for Civil Engineers", McGraw Hill, New York, 1970.

ESTUDIOS TIPO "SUBE Y BAJA" EN LINEAS URBANAS DE AUTOBUS

ANEXO 1

Tablas de equivalencia numérica utilizadas para las paradas de la línea 59.

Sentido de ida:

N.º MERO	PARADA
1	P.º Marítimo (Origen)
2	P.º Marítimo - C. Andrés Doria
3	C. Almirante Cervera
4	P.º Barceloneta (P.º Nacional) primera parada
5	P.º Barceloneta (P.º Nacional) segunda parada
6	Plaza Palacio
7	Correos
8	P.º Colón - Plaza Duque de Medinaceli
9	Colón
10	Ramblas - Pl. del Teatro
11	Ramblas - Liceo
12	Ramblas - "SEPU"
13	Plaza Cataluña
14	Ronda Universidad
15	C. Diputación - C. Aribau
16	C. Casanova - C. Consejo de Ciento
17	C. Casanova - C. Mallorca (Mercado)
18	Hospital Clínico
19	C. Londres - C. Casanova
20	C. Londres - Urgel
21	Avda. Sarriá
22	Travesera de las Corts - Avda. Sarriá
23	Travesera de las Corts - C. Constanza
24	Travesera de las Corts - C. Galileo
25	Travesera de las Corts - C. Juan Güell (Mercado)
26	Carlos III - Travesera de las Corts
27	Carlos III - C. Europa
28	Carlos III - Diagonal (Final)

Sentido de vuelta:

NUMERO	PARADA
1	Carlos III - Diagonal (Origen)
2	Carlos III - C. Mejía Leguerica
3	Travesera de las Corts - Carlos III
4	Travesera de las Corts - C. Galileo
5	C. Numancia
6	C. Marqués de Sentmenat
7	C. Gelabert
8	C. Borrell - Infanta Carlota
9	C. Villarroel - C. Buenos Aires
10	C. Villarroel - Hospital Clínico
11	C. Villarroel - C. Provenza (Mercado)
12	C. Villarroel - C. Aragón
13	C. Villarroel - Diputación
14	Gran Vía
15	C. Pelayo - "CAPITOL"
16	C. Pelayo - Plaza Cataluña
17	Ramblas - Virreina
18	Ramblas - Conde del Asalto
19	Pta. Santa Madrona - (Metro Atarazanas)
20	P.º Colón - Plaza Duque de Medinaceli
21	Correos
22	Estación de Cercanías
23	P.º Barceloneta (P.º Nacional)
24	Almirante Cervera - (P.º Barceloneta) primera parada
25	Almirante Cervera - (P.º Marítimo) segunda parada
26	P.º Marítimo - C. Andrea Doria
27	P.º Marítimo (final)

