

Para asignar los recursos de una forma totalmente objetiva, justa y sistemática empezamos por definir unos criterios mínimos e iguales para todas las líneas, en función de la cantidad de viajeros transportados. Posteriormente se redefinen esos criterios mínimos en función de si las líneas tienen recorridos coincidentes o no. A continuación se evalúa la situación real ofertada y medida, para volver a modificar las frecuencias mínimas en aquellos tramos en los que la cantidad de coches reales ofertados es mayor que los criterios mínimos establecidos, teniendo en cuenta la ocupación real medida, y la cantidad de coches completos ocurridos.

9. Planificación de los Niveles de Oferta II.

Asignación de recursos

“...Nada se puede evaluar si no es medido antes...”

9.1. Introducción

El objetivo de este capítulo es llegar a obtener una propuesta de oferta justa y equitativa en función de la disponibilidad de recursos. A continuación se presenta una breve explicación del procedimiento a seguir, y desarrollado a lo largo de este capítulo.

Comenzamos definiendo unos criterios generales y teóricos iguales para todas las líneas. Estos criterios se basan en los tiempos de espera máximos que estamos dispuestos a ofrecer a nuestros clientes.

Según el criterio de justicia social que nos hemos marcado, vamos a favorecer a las zonas más perjudicadas por la implantación de la actual red de líneas existente, que son aquellos barrios que no tienen líneas coincidentes, (es decir, los ciudadanos de estas zonas tan sólo tienen la posibilidad de viajar en una

única línea), hasta llegar a definir unos criterios mínimos que deberán cumplirse en cualquier caso.

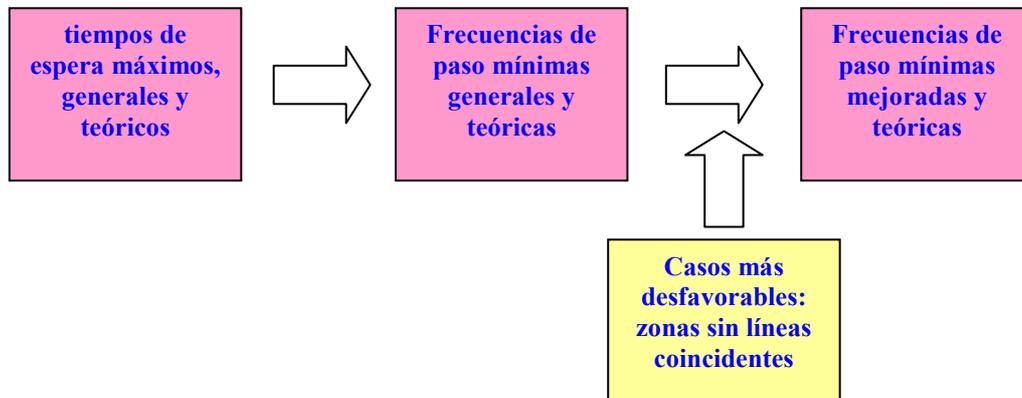


Figura 9.1. Establecimiento de las frecuencias de paso mínimas.

Una vez garantizado que todas las líneas van a cubrir unas frecuencias de paso mínimas, vamos a definir unos criterios de oferta deseables, conjugando los intereses de los clientes y de la propia empresa de transporte.

Si la disponibilidad de recursos fuera ilimitada, lo único que quedaría por hacer es distribuir los recursos hasta alcanzar la oferta deseable, definida como el término medio entre los intereses de los clientes y de la empresa. En caso contrario (y más probable), hay que estudiar cómo están asignados dichos recursos en la actualidad, contemplando tres opciones:

- Situaciones en las que se esté dando un exceso de oferta.
- Situaciones en las que la oferta sea adecuada.
- Situaciones en las que la oferta es insuficiente.

En el primer caso se procede a liberar recursos, que juntos con los ya existentes, serán reasignados al último caso, teniendo en cuenta la matriz de prioridades obtenida en el capítulo anterior, y las recomendaciones de AENOR sobre transporte público.

La siguiente figura resumen lo explicado anteriormente:

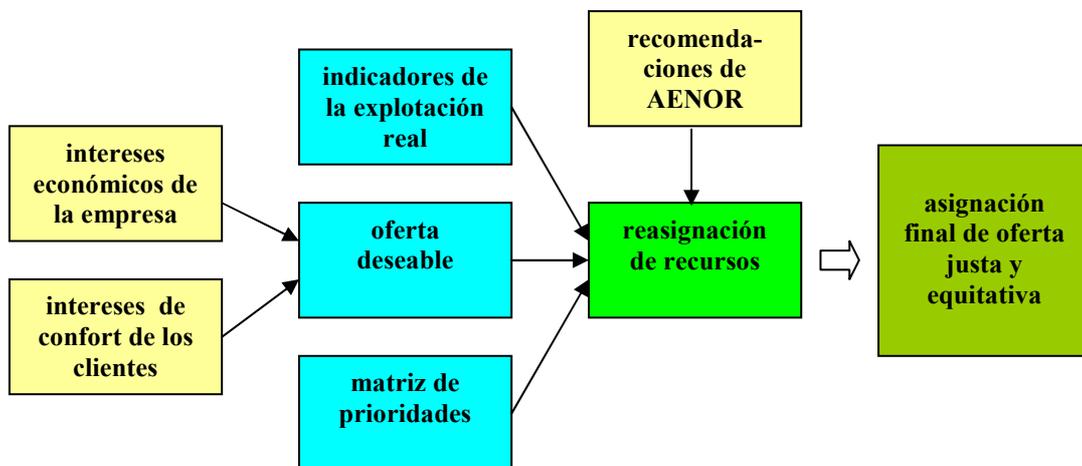


Figura 9.2. Asignación final de oferta

9.2. Establecimiento de criterios mínimos

Para hacer un reparto justo y equitativo de los recursos entre todas las líneas, se establecen unos criterios mínimos y generales para todas las líneas. Estos criterios los fija la empresa de transportes en función del tiempo de espera máximo que considera que sus clientes pueden esperar, y se definen en función de la cantidad de viajeros, de tal forma que los clientes de las líneas más solicitadas deberán esperar menos tiempo que los de las líneas menos solicitadas. Por tener un ejemplo cuantitativo, definimos que, en el peor de los casos, cuando la media de los viajeros de la franja sea inferior a 500 viajeros, el tiempo de espera medio no debe rebasar los 13 minutos. Teniendo en cuenta que el tiempo de espera medio es la mitad de la frecuencia de paso de los vehículos, se puede afirmar, que en el caso más desfavorable, (que es cuando un cliente de una línea que lleva menos de 500 viajeros en esa franja, llega a la parada y el autobús acaba de marchar), el máximo de espera planificado es de 26 minutos.

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de espera medios máximos, definidos en este ejemplo.

VIAJEROS	TIEMPOS DE ESPERA MEDIOS MÁXIMOS (minutos)
>= 950	3.5
Entre 725 y 949	4.5
Entre 500 y 724	7
< 500	13

Tabla 9.1 Tiempos de espera medios máximos

Como ya vimos en el capítulo 8, los tiempos de espera se definen:

$$T_e = \frac{1}{2} \left(\frac{60}{F} \right)$$

Por tanto, la frecuencia de salidas a la hora es:

VIAJEROS	TIEMPOS DE ESPERA MEDIOS MÁXIMOS (minutos)	SALIDAS MÍNIMAS CADA HORA
>= 950	3.5	8.57
Entre 725 y 949	4.5	6.67
Entre 500 y 724	7	4.29
< 500	13	2.3

Tabla 9.2 Salidas mínimas cada hora

Las salidas cada hora dependen del tiempo de vuelta y del número de coches, de tal manera que si definimos la frecuencia de paso de coches (es decir, si fijamos un punto concreto de una línea, cada cuantos minutos veo pasar un coche), como:

$$F_c = \frac{\text{Tiempo de vuelta}}{\text{número de coches}}$$

Fácilmente se puede comprobar que:

$$F_c = \frac{60}{\text{salidas a la hora}}$$

Así, tenemos las frecuencias de paso mínimas:

VIAJEROS	TIEMPOS DE ESPERA MÁXIMOS (minutos)	SALIDAS MÍNIMAS CADA HORA	FRECUENCIAS DE PASO MÍNIMAS
>= 950	3.5	8.57	7
Entre 725 y 949	4.5	6.67	9
Entre 500 y 724	7	4.29	14
< 500	13	2.3	26

Tabla 9.3 Frecuencias de paso mínimas

En la siguiente tabla se refleja la posición que ocupa cada franja de cada línea según los criterios anteriores, así como el tiempo de vuelta de cada una:

Planificación de los niveles de oferta II
Asignación de recursos

Línea	F1 (tiempos)	F2 (tiempos)	F3 (tiempos)	F4 (tiempos)	F5 (tiempos)	F6 (tiempos)	F7 (tiempos)
1	83	84	78	81	78	63	59
2	105	110	102	98	104	75	81
5	104	103	104	98	99	70	77
6	112	117	110	110	110	79	84
10	67	68	68	64		43	48
11	46	45	46	45	43	34	31
12	67	68	69	65	64	49	50
13	62	66	62	62		43	48
14	39	38	38	34	38	29	26
15	57	57	53	59	53	39	39
20	64	61	63	64		47	50
21	65	63	63	56	63	48	42
22	89	90	84	82	85	67	68
23	64	65	64	58	63	51	49
24	68	68	71	62	65	47	51
25	76	75	73	67	67	52	55
26	59	60	57	60	55	45	45
27	92	94	92	89		63	70
30	61	62	60	60	58	47	45
31	73	75	72	73	68	63	62
32	82	81	81	75	81	58	61
33	56	52	54	52	50	38	43
34	69	69	65		60	45	54
36	50	50	50	50		46	46
40	43	42	41	37	39	27	32
41	30	31	30	31	31	23	21
42	47	44	44	43		36	34
43	35	35	32	32		24	23
52	50	50	47	49		38	38
55	89	88	82	81	82	60	66
B1	60	60	60		60		60
B2	46	44	40		46		44
B3	50	50	48	48		46	48
C1	76	75	78		65	57	52
C2	79	81	79	75	36	58	56
C3	46	48	47		47	43	37
C4	43	43	43			35	34

>= 950
 Entre 725 y 949
 Entre 500 y 724
 < 500

Tabla 9.4 Distribución de franjas horarias en función de los criterios

A partir de la tabla anterior, calculamos los coches mínimos que son necesarios para cumplir con los criterios de frecuencia mínima:

Línea	F1 (coches)	F2 (coches)	F3 (coches)	F4 (coches)	F5 (coches)	F6 (coches)	F7 (coches)
1	12	12	9	12	9	2	2
2	15	16	14	14	15	8	3
5	15	15	15	13	7	3	3
6	16	17	15	12	8	6	3
10	5	5	5	2		2	2
11	2	2	2	2	2	1	1
12	10	10	10	9	9	2	2
13	9	9	9	7		2	2
14	2	1	1	1	1	1	1
15	2	2	2	2	2	2	2
20	2	2	2	2		2	2
21	7	7	7	4	5	2	2
22	3	3	3	3	3	3	3
23	5	5	5	4	2	2	2
24	8	5	5	4	5	2	2
25	8	8	8	5	5	2	2
26	7	7	6	7	4	2	2
27	13	13	10	10		2	3
30	2	2	2	2	2	2	2
31	3	3	3	3	3	2	2
32	9	9	9	5	3	2	2
33	2	2	2	2	2	1	2
34	8	5	5		2	2	2
36	4	4	2	2		2	2
40	2	2	2	1	2	1	1
41	1	1	1	1	1	1	1
42	2	2	2	2		1	1
43	1	1	1	1		1	1
52	2	2	2	2		1	1
55	3	3	3	3	3	2	3
B1	2	2	2		2		2
B2	2	2	2		2		2
B3	2	2	2	2		2	2
C1	11	11	9		7	2	2
C2	11	12	11	9		2	2
C3	5	3	3		2	1	1
C4	3	3	3		2	1	1

>= 950
 Entre 725 y 949
 Entre 500 y 724
 < 500

Tabla 9.5 primera distribución de coches en función de los criterios

Si desarrollamos las franjas de la tabla anterior por periodos de media hora, obtenemos una primera matriz de coches, (véase Anexo V), en la que se garantiza el cumplimiento para todas las líneas de los mínimos definidos.

Comprobamos que se cumplen las restricciones indicadas en el apartado 8.2.2.3:

- ◆ Número máximo de coches disponibles a la vez son 196, que es menor 319.
- ◆ Número máximo de coches articulados 24, que es menor que 32.
- ◆ Número de horas de conducción, bastante menor que las previstas.
- ◆ Frecuencia de paso entre coches es mayor de 4 minutos, por definición.

Observando detenidamente la red de líneas (Anexo X), se observa claramente cómo hay algunos barrios a los que sólo da servicio una única línea, (por ejemplo, a la barriada El Palmete sólo llega la línea 52), mientras que otros tienen varias líneas (por ejemplo, a Sta. Aurelia llegan la 5, la 22 y la 23), por lo que el tiempo de espera de los clientes de estos últimos barrios es mucho menor, que los de los primeros, ya que tienen varias líneas para elegir. Para compensar este “agravio comparativo”, se definen dos grupos de líneas, según su recorrido sea más o menos coincidente con otras líneas, y se fija el tiempo de espera máximo para las no coincidentes en 10 minutos, es decir, una frecuencia entre coches de 20 minutos.

VIAJEROS	TIEMPOS DE ESPERA MÁXIMOS (minutos) NO COINCIDENTES	FRECUENCIAS DE PASO MÍNIMAS NO COINCIDENTES
>= 950	3.5	7
Entre 725 y 949	4.5	9
Entre 500 y 724	7	14
< 500	10	20

Tabla 9.6 Frecuencias de paso mínimas de líneas con recorrido no coincidente

En la siguiente tabla se muestran los dos grupos de líneas:

Grupo A: Líneas de recorrido NO coincidente	Grupo B: Líneas de recorrido coincidente
10	1
15	2
20	5
21	6
23	11
25	12
26	13
27	14
30	22
31	24
33	32
34	41
36	55
40	B1
42	B2
43	C1
52	C2
B3	C3
	C4

Tabla 9.7 Líneas agrupadas según su recorrido sea coincidente con otras líneas

Para cumplir que las líneas del Grupo A tengan una frecuencia entre coches máxima de 20 minutos, tenemos que modificar la tabla 9.5 que queda como se muestra en la tabla 9.8:

Planificación de los niveles de oferta II
Asignación de recursos

Línea	F1 (coches)	F2 (coches)	F3 (coches)	F4 (coches)	F5 (coches)	F6 (coches)	F7 (coches)
1	12	12	9	12	9	2	2
2	15	16	14	14	15	8	3
5	15	15	15	13	7	3	3
6	16	17	15	12	8	6	3
10	5	5	5	3		2	2
11	2	2	2	2	2	1	1
12	10	10	10	9	9	2	2
13	9	9	9	7		2	2
14	2	1	1	1	1	1	1
15	3	3	3	3	3	2	2
20	3	3	3	3		2	2
21	7	7	7	4	5	2	2
22	3	3	3	3	3	3	3
23	5	5	5	4	3	3	2
24	8	5	5	4	5	2	2
25	8	8	8	5	5	3	3
26	7	7	6	7	4	2	2
27	13	13	10	10		3	4
30	3	3	3	3	3	2	2
31	4	4	4	4	3	3	3
32	9	9	9	5	3	2	2
33	3	3	3	3	3	2	2
34	8	5	5		3	2	3
36	4	4	3	3		2	2
40	2	2	2	2	2	1	2
41	1	1	1	1	1	1	1
42	2	2	2	2		2	2
43	2	2	2	2		1	1
52	3	3	2	2		2	2
55	3	3	3	3	3	2	3
B1	2	2	2		2		2
B2	2	2	2		2		2
B3	2	2	2	2		2	2
C1	11	11	9		7	2	2
C2	11	12	11	9		2	2
C3	5	3	3		2	1	1
C4	3	3	3		2	1	1

>= 950
 Entre 725 y 949
 Entre 500 y 724
 < 500

Tabla 9.8 Segunda distribución de coches en función de los criterios

Si desarrollamos las franjas de la tabla anterior por periodos de media hora, obtenemos una segunda matriz de coches, mejorada. (Véase Anexo VII).

Comprobamos que se cumplen las restricciones indicadas en el apartado 8.2.2.3:

- ◆ Número máximo de coches disponibles a la vez son 203, que es menor 319.
- ◆ Número máximo de coches articulados 24, que es menor que 32.
- ◆ Número de horas de conducción, bastante menor que las previstas.
- ◆ Frecuencia de paso entre coches mayor de 4 minutos, por definición.

Como todavía tenemos muchos coches y horas disponibles, vamos a definir unos criterios de frecuencia deseables, en función de la ocupación de los autobuses, ya que como ya se ha visto con anterioridad, influye en la percepción e importancia que el cliente otorga al concepto Tiempo. También tendremos en cuenta los coches que han pasado completos, y por lo tanto no han abierto puertas para que puedan subirse los clientes, ya que a todos los efectos, para el cliente que está en la parada es como si no hubiera pasado, y por lo tanto una salida menos, o lo que es lo mismo, mayor tiempo de espera en la parada. Para ello tenemos en cuenta los datos reales obtenidos de la oferta dada en el periodo de la muestra de estudio.

En la siguiente tabla se muestra la oferta real (tabla 9.9) vigente durante el periodo de la muestra.

Línea	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	20	18	13	12	9	4	5
2	17	17	13	15	15	7	6
5	18	19	18	12	11	5	5
6	18	18	14	13	13	10	7
10	9	7	7	6		3	3
11	4	4	3	4	3	2	2
12	17	18	13	14	11	5	5
13	14	14	13	9		4	4
14	3	3	3	3	3	2	2
15	5	5	4	4	4	2	2
20	5	5	5	5		3	2
21	10	9	8	9	8	3	3
22	5	5	4	4	4	3	3
23	10	9	8	7	7	4	4
24	9	9	8	9	7	3	3
25	14	13	9	8	8	3	4
26	10	10	8	8	7	3	3
27	13	13	10	10		4	4
30	5	5	5	5	5	3	3
31	6	6	5	6	5	3	3
32	11	11	9	8	9	4	4
33	5	5	5	5	5	3	3
34	13	11	9		9	4	4
36	9	8	5	6		1	1
40	3	3	3	3	3	1	1
41	3	3	3	3	3	2	1
42	3	3	3	3		2	2
43	3	3	3	3		2	1
52	4	4	3	3		2	2
55	5	5	5	5	5	2	2
B1	2	2	2		2		2
B2	3	3	3		3		3
B3	2	2	1	1		1	1
C1	15	14	13		10	3	3
C2	15	14	11	11		4	3
C3	9	6	5		5	3	2
C4	7	6	5		5	3	2

Tabla 9.9 Oferta real durante el periodo de muestreo

9.3. Establecimiento de criterios deseables

Si nos referimos a la Norma de AENOR sobre transporte público en su anexo G “Referencial de compromisos de calidad del servicio para el TPP en autobús urbano”, en concreto lo referente al grado de ocupación (Véase Anexo IX), y que cita textualmente: << De acuerdo con la ‘Capacidad media del vehículo’ establecida en las características básicas del servicio, no debe ser superior a 5 personas por metro cuadrado (medición por estimación) debiendo quedar especificado el número de pasajeros sentados y de pie. >>

Establecemos así, que la ocupación de los autobuses de 12 metros de longitud, no debería de ser superior a 60 personas, y la de los autobuses articulados (18 metros) a 90 personas.

Vamos a definir distintos niveles de ocupación, teniendo en cuenta las recomendaciones de AENOR (véase anexo IX), y los dos puntos de vista diferenciados desde los que se puede enfocar el problema:

- El cliente desea un viaje lo más confortable posible, con poca ocupación y con asientos libres para poder realizar el viaje sentado.
- La empresa desea mover el mayor número de personas con el menor número de autobuses posibles, y por lo tanto prefiere una ocupación mayor.

Desde el punto de vista del cliente, lo ideal es poder realizar el trayecto sentado, es decir, para el cliente la ocupación máxima debería de ser 22 personas/autobús (número de asientos) en los autobuses normales y de 44 para los articulados. El nivel de exigencia recomendado por AENOR es que el 80% de los pasajeros viajen conforme a los que se definen en el servicio de referencia, por lo tanto, la ocupación máxima debe ser 28 personas/autobús en los normales y de 55 para los articulados, para que el 80% de los clientes vayan sentados. Así, definimos el primer grupo de ocupación, de 0 a 28

personas/autobús en los normales y de 0 a 55 personas/autobús para los articulados.

La situación inaceptable recomendada por AENOR es que menos del 60% de los viajeros sean transportados según lo establecido en el tramo de línea más cargado. El límite de esta situación para el caso ideal desde el punto de vista del cliente es una ocupación de 37 en los autobuses normales y de 73 en los articulados para que, al menos, el 60% de los pasajeros vayan sentados. El segundo grupo de ocupación es de 28 a 37 personas/autobús en los autobuses normales y de 55 a 73 personas/autobús en los articulados.

Desde el punto de vista económico de la empresa, le interesa que el autobús vaya lleno, ya que un autobús vacío o a media ocupación puede significar un “desaprovechamiento” de los recursos. No obstante, como ya se ha comentado anteriormente, siguiendo las recomendaciones de la Norma de AENOR sobre transporte público en su anexo G “Referencial de compromisos de calidad del servicio para el TPP en autobús urbano”, en concreto lo referente al grado de ocupación (Véase Anexo IX), hemos definido como límite máximo deseable una ocupación de 60 (90 para los articulados). Siguiendo con el nivel de exigencia del 80% y mínimo del 60% recomendado por AENOR, la ocupación ideal es de 48 a 60 personas/autobús y de 72 a 90 personas/autobús en los articulados, y la deseable de 36 a 48 personas/autobús y de 54 a 90 personas/autobús en los articulados.

En las siguientes tablas se resume lo explicado anteriormente, y se marca en amarillo la situación en la que se compaginan los intereses de los clientes con los de la empresa:

Grupo	Grado de ocupación (personas/autobús normal)	Empresa	Cliente
I	0 – 28	Inaceptable	Ideal
II	29 - 36	No recomendable	Aceptable
III	37 - 48	Aceptable	No recomendable
IV	49 – 59	Ideal	Inaceptable
V	≥ 60	Inaceptable	Inaceptable

Tabla 9.10 Ocupación de un autobús normal.

Grupo	Grado de ocupación (personas/articulado)	Empresa	Cliente
II	0 – 54	No recomendable	Ideal
III	55 - 72	Aceptable	Aceptable
IV	73 – 89	Ideal	No recomendable
V	≥ 90	Inaceptable	Inaceptable

Tabla 9.11 Ocupación de un autobús articulado.

La situación ideal es la del término medio entre los intereses de ambos, es decir, los grupos II y III, y por ello va a ser la que tomemos de referencia a la hora de definir la oferta deseable.

Una establecidos los distintos grupos de ocupación, estudiamos los indicadores actuales de la muestra real; medimos la ocupación obtenida y los completos ocurridos para la oferta realizada.

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos.

**Planificación de los niveles de oferta II
Asignación de recursos**

Línea	F1 (completos)	F2 (completos)	F3 (completos)	F4 (completos)	F5 (completos)	F6 (completos)	F7 (completos)
1	3	2	1	1	0	0	0
2	2	2	1	1	1	0	0
5	2	1	1	0	0	0	0
6	1	2	1	0	0	0	0
10	1	0	0	0		0	0
11	0	0	0	0	0	0	0
12	4	2	2	2	1	0	0
13	2	2	0	2		0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0		0	0
21	0	0	1	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	1	0	0	0	0	0
25	2	0	0	0	0	0	0
26	1	2	1	0	0	0	0
27	2	1	2	1		0	0
30	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0
32	1	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0		0	0	0
36	1	0	0	0		0	0
40	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0		0	0
43	0	0	0	0		0	0
52	0	0	0	0		0	0
55	0	0	0	0	0	0	0
B1	0	0	0		0		0
B2	0	0	0		0		0
B3	0	0	0	0		0	0
C1	2	2	2		1	0	0
C2	1	2	0	0		0	0
C3	2	1	1		0	0	0
C4	1	0	0		0	0	0

 >= 60 >= 90 (artícul.)	 Entre 49 y 59 73 - 89 (artícul.)	 Entre 37 y 48 55 - 72 (artícul.)	 Entre 29 y 36 0 -55 (artícul.)	 Entre 0 y 28
---	---	---	---	--

Tabla 9.12 Ocupación y completos reales

Según los criterios definidos y los datos obtenidos estudiamos cómo están asignados los recursos en la actualidad, contemplando tres opciones:

- Situaciones en las que se esté dando un exceso de oferta.
- Situaciones en las que la oferta sea adecuada.
- Situaciones en las que la oferta es insuficiente.

Si el número de coches ofertados es menor o igual que el mínimo asignado, su ocupación es menor de 28 en autobuses normales y 55 en articulados, es decir, que el 80% de los viajeros van sentados y no ha ocurrido ningún completo en la muestra, como ahora se le va a asignar la misma oferta o incluso más, significa que estas líneas (en esos tramos) van a estar dentro de los niveles de frecuencias establecidos, y ya estaría finalizada su asignación de oferta, independientemente de la matriz de prioridades obtenida anteriormente.

Si por el contrario, esto no ocurre, estableceremos una oferta deseable, de la siguiente forma:

- Siempre que el número de coches reales de la muestra sea menor o igual al asignado temporalmente, se le deben sumar a éstos últimos los completos ocurridos durante la muestra, ya que se supone que con la misma oferta o incluso menor, los completos no van a disminuir, sino a aumentar o mantenerse.
- Siempre que el número de coches reales de la muestra sea menor o igual al asignado temporalmente, se le debe sumar a éstos últimos la penalización que para los viajeros significa la masificación de personas viajando en el mismo autobús, contabilizada como la ocupación del autobús medida en la muestra, y que se detalla más abajo.
- En caso de que ocurran las dos situaciones anteriores, se sumará la que suponga mayor número de coches necesarios.

Para la penalización por ocupación vamos a considerar tres posibles casos:

- ◆ Los grupos I, II y III no llevan penalización por ocupación.
- ◆ En el grupo IV se estimará el número de coches necesarios para entrar en el grupo anterior sin completos. Para esta estimación se contabilizará el total de viajeros como la ocupación máxima por el número de coches ofertados y divididos por la ocupación deseada.
- ◆ En el grupo V se estimará el número de coches necesarios para entrar en el grupo IV sin completos. Para esta estimación se contabilizará el total de viajeros como la ocupación máxima por el número de coches ofertados y divididos por la ocupación deseada. Si finalizada la asignación de coches sobraran recursos, se estimarían los coches necesarios para entrar en el grupo III.

De esta forma, y teniendo en cuenta la restricción de que la frecuencia de paso no debe ser menor de 4 para no dificultar la gestión, obtenemos la oferta de coches deseados, si tuviéramos recursos ilimitados.

Como se puede observar en la siguiente tabla, aunque tuviéramos recursos ilimitados, para cumplir la anterior restricción, no se le asignaría a algunas franjas (señaladas en rojo), que se pueden considerar como “saturadas”, es decir, periodos en los que la oferta actual es claramente insuficiente para cubrir la demanda existente, pero que con un incremento de oferta no sólo no se solucionaría el problema, sino que se agravaría bastante, al dificultarse considerablemente la gestión.

Hay que resaltar, una vez más, que la oferta deseable se ha obtenido como situación intermedia entre los intereses de confort de los clientes, y los intereses económicos de la empresa de transporte.

Línea	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	19	19	14	13	9	4	5
2	19	19	14	16	16	8	4
5	20	20	19	14	11	5	3
6	20	20	16	14	11	7	6
10	10	8	8	7		3	3
11	5	4	3	4	3	2	1
12	16	16	15	16	13	6	5
13	14	15	14	11		4	4
14	3	3	3	3	3	2	1
15	6	6	5	5	5	2	2
20	6	6	5	5		2	2
21	11	10	9	10	9	3	2
22	5	5	4	4	4	3	3
23	11	10	9	8	8	4	3
24	11	10	10	10	8	3	3
25	17	15	10	9	9	3	4
26	12	12	10	10	8	3	3
27	15	15	13	13		4	4
30	5	5	5	5	5	2	2
31	7	6	5	6	5	3	3
32	12	12	10	9	11	3	4
33	6	6	5	6	5	2	2
34	14	11	9		8	2	3
36	10	8	5	5		2	2
40	3	3	3	3	2	1	2
41	3	3	2	2	3	1	1
42	3	3	2	2		2	2
43	3	3	3	2		1	1
52	4	4	3	3		2	2
55	6	6	5	5	5	2	3
B1	2	2	2		2		2
B2	3	3	3		2		2
B3	2	2	2	2		2	2
C1	17	16	15		11	3	2
C2	16	16	11	11		4	3
C3	11	7	6		5	2	2
C4	8	6	6		5	2	2

V	>= 60 >= 90 (articul.)	IV	Entre 49 y 59 73 - 89 (articul.)	III	Entre 37 y 48 55 - 72 (articul.)	II	Entre 29 y 36 0 -55 (articul.)	I	Entre 0 y 28
----------	---------------------------	-----------	-------------------------------------	------------	-------------------------------------	-----------	-----------------------------------	----------	--------------

Tabla 9.13 oferta deseable

Como antes destacamos, aunque tuviéramos recursos ilimitados las líneas 1, 12 y 13 seguirían dando completos y con una ocupación indeseable (≥ 60), debido a que ya han alcanzado una de las restricciones del problema, una frecuencia entre coches de 4 minutos. Añadir más coches a estas líneas en estas franjas es dificultar la gestión de las mismas, debido a que los coches se juntan con los anteriores.

Para estos casos concretos, se necesita un estudio aparte y particular de cada caso, que se verá en el capítulo siguiente.

9.4. Asignación de recursos

Teniendo en cuenta las tablas anteriores, vamos a realizar una tercera asignación, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- ◆ Aquellos casos en los que haya completos, el reparto mínimo tiene que ser el ofertado cuando daba completos, ya que son casos calificados como inaceptables tanto por el cliente como por la empresa, y se debe de tender a mejorar si fuera posible, o por lo menos a no empeorar.
- ◆ Los grupos IV y V comienzan el reparto con la oferta real de la muestra, ya que se debe de tender a mejorar si fuera posible, o por lo menos a no empeorarlos.
- ◆ Los grupos I y II son económicamente poco aceptables para la empresa, porque se están “desaprovechando recursos”, por lo que se estimarán los coches necesarios para pasar al grupo II y III. Para esta estimación se contabilizará el total de viajeros como la ocupación máxima por el número de coches ofertados y divididos por la ocupación deseada.
- ◆ El grupo III estimará los coches necesarios mínimos para seguir en dicho grupo. Para esta estimación se contabilizará el total de viajeros

como la ocupación máxima por el número de coches ofertados y divididos por la ocupación deseada.

- ◆ En ningún caso esta tercera asignación será menor que la de los criterios mínimos.

De esta forma obtenemos los coches con los que empezamos el proceso de asignación.

Planificación de los niveles de oferta II
Asignación de recursos

Línea	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	19	18	13	12	9	3	4
2	17	17	14	15	15	8	4
5	18	19	18	13	10	4	3
6	18	18	15	12	10	6	4
10	9	7	7	6		3	2
11	4	4	3	3	3	2	1
12	16	16	13	14	11	5	4
13	14	15	13	9		4	3
14	3	3	3	2	2	1	1
15	5	5	4	4	4	2	2
20	5	5	5	5		2	2
21	10	9	8	9	8	2	2
22	5	5	4	4	3	3	3
23	10	9	8	7	7	3	2
24	9	9	8	9	7	3	3
25	14	13	9	8	8	3	3
26	10	10	8	8	7	3	3
27	13	13	10	10		3	4
30	5	5	5	5	4	2	2
31	6	6	5	6	4	3	3
32	11	11	9	8	9	2	3
33	5	5	5	5	5	2	2
34	13	11	9		7	2	3
36	9	7	5	4		2	2
40	3	3	2	2	2	1	2
41	3	3	2	2	2	1	1
42	2	2	2	2		2	2
43	3	3	2	2		1	1
52	4	4	3	3		2	2
55	5	5	5	5	4	2	3
B1	2	2	2		2		2
B2	3	3	2		2		2
B3	2	2	2	2		2	2
C1	15	14	13		10	2	2
C2	15	14	11	10		3	3
C3	9	6	5		4	2	2
C4	7	6	5		5	1	2

V	>= 60 >= 90 (artícul.)	IV	Entre 49 y 59 73 - 89 (artícul.)	III	Entre 37 y 48 55 - 72 (artícul.)	II	Entre 29 y 36 0 -55 (artícul.)	I	Entre 0 y 28
----------	---------------------------	-----------	-------------------------------------	------------	-------------------------------------	-----------	-----------------------------------	----------	--------------

Tabla 9.14 Tercera distribución de coches en función de la ocupación y los completos reales

Comprobamos que se cumplen las restricciones indicadas en el apartado 8.2.2.3:

- ◆ Número máximo de coches disponibles a la vez son 313, que es menor 319.
- ◆ Número máximo de coches articulados 32 al mediodía, que es tope, por lo que ya no se podrán asignar articulados en esa franja horaria, aunque sí será posible para el resto del día.
- ◆ Número de horas de conducción, menor que las previstas.
- ◆ Frecuencia de paso entre coches es mayor de 4 minutos, por definición.

La matriz de coches de este tercer reparto se muestra en el Anexo VII.

Como todavía hay recursos disponibles, continuamos con el proceso de asignación.

Empezamos el proceso asignando temporalmente los coches de la tabla 9.14 y analizando dicha asignación según los datos de la medición reflejados en la tabla 9.12 y el algoritmo que se presenta a continuación.

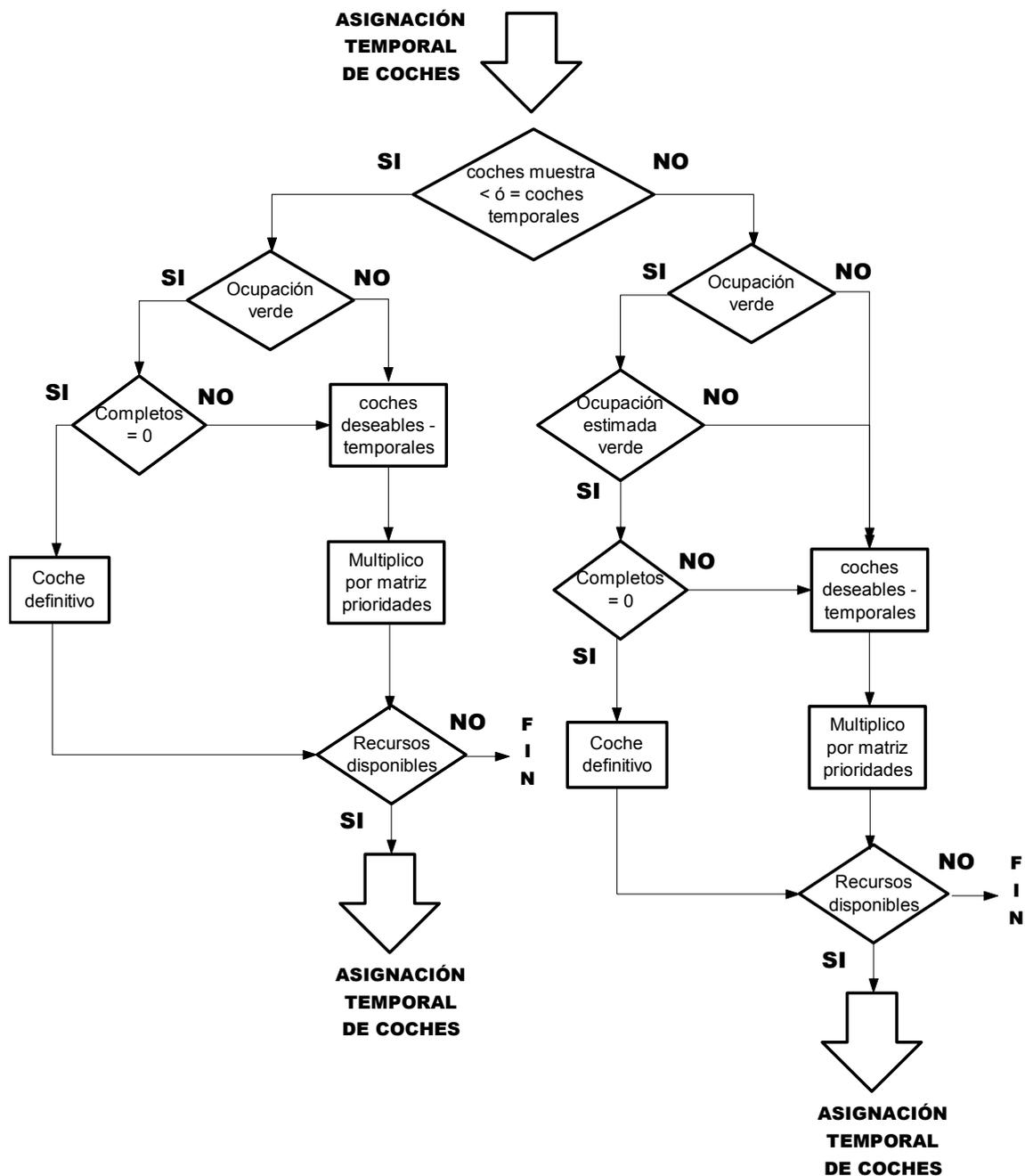


Figura 9.3 Algoritmo de asignación de recursos

Al restar la tabla 9.13 de oferta deseable y la 9.14 de la tercera asignación, obtenemos:

Línea	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	0	0	0	0	0	1	1
2	2	1	0	0	0	0	0
5	1	1	0	0	1	1	0
6	0	1	0	0	1	1	2
10	1	1	1	1		0	1
11	1	0	0	1	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1	1
13	0	0	0	0		0	1
14	0	0	0	1	1	1	0
15	1	1	1	1	1	0	0
20	1	1	0	0		0	0
21	1	1	0	1	1	1	0
22	0	0	0	0	1	0	0
23	1	1	1	1	1	1	1
24	1	1	1	1	1	0	0
25	2	1	0	1	1	0	1
26	1	2	1	0	1	0	0
27	1	1	0	0		1	0
30	0	0	0	0	1	0	0
31	1	0	0	0	1	0	0
32	1	1	0	1	1	1	1
33	1	1	0	1	0	0	0
34	1	0	0		1	0	0
36	1	1	0	1		0	0
40	0	0	1	1	0	0	0
41	0	0	0	0	1	0	0
42	1	1	0	0		0	0
43	0	0	1	0		0	0
52	0	0	0	0		0	0
55	1	1	0	0	1	0	0
B1	0	0	0		0		0
B2	0	0	1		0		0
B3	0	0	0	0		0	0
C1	1	1	0		0	1	0
C2	1	2	0	0		1	0
C3	2	1	1		1	0	0
C4	1	0	1		0	1	0

Tabla 9.15 Diferencia entre la oferta deseable y la de la tercera asignación

Se observa como en algunos casos la oferta que cumple los criterios mínimos es igual a la deseada. En estos casos, como se muestra en el algoritmo de la Figura 9.3, la asignación ha finalizado. Para el resto, se multiplica por la tabla de prioridades, obteniéndose:

LÍNEA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	0	0	0	0	0	0,002147535	0,002754925
2	0,037425044	0,018466339	0	0	0	0	0
5	0,011595101	0,010546066	0	0	0,005560017	0,003491992	0
6	0	0,010639656	0	0	0,004658374	0,004182981	0,004339639
10	0,006412691	0,005578599	0,005915317	0,004268358	0	0	0,001239239
11	0,0029015	0	0	0,002622721	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0,002996977	0,002682298
13	0	0	0	0	0	0	0,002323387
14	0	0	0	0,002074538	0,001813608	0,00086459	0
15	0,003272116	0,003413816	0,002951118	0,002640247	0,002546173	0	0
20	0,003710522	0,003381668	0	0	0	0	0
21	0,006959857	0,00639931	0	0,004841827	0,005833284	0,001451266	0
22	0	0	0	0	0,002820581	0	0
23	0,006014729	0,005860828	0,005769782	0,00482488	0,004271236	0,001424153	0,001259442
24	0,007219218	0,006013626	0,0054262	0,00558372	0,004685943	0	0
25	0,016753287	0,008198346	0	0,005308641	0,005937944	0	0,001586689
26	0,008596848	0,015558948	0,006370463	0	0,005497587	0	0
27	0,009647866	0,009597576	0	0	0	0,002425573	0
30	0	0	0	0	0,002492973	0	0
31	0,003414849	0	0	0	0,002388847	0	0
32	0,008351432	0,007224785	0	0,005975673	0,004174916	0,001703182	0,001757531
33	0,004524591	0,003508126	0	0,003342132	0	0	0
34	0,007690084	0	0	0	0,003987247	0	0
36	0,005137827	0,00489331	0	0,002834431	0	0	0
40	0	0	0,001625206	0,001715574	0	0	0
41	0	0	0	0	0,00176687	0	0
42	0,002003329	0,001645969	0	0	0	0	0
43	0	0	0,001615998	0	0	0	0
52	0	0	0	0	0	0	0
55	0,003707607	0,00373502	0	0	0,002750198	0	0
B1	0	0	0	0	0	0	0
B2	0	0	0,001260537	0	0	0	0
B3	0	0	0	0	0	0	0
C1	0,011302916	0,010480996	0	0	0	0,003362147	0
C2	0,012819693	0,02063937	0	0	0	0,004023493	0
C3	0,01634383	0,006570628	0,005305103	0	0,004149255	0	0
C4	0,006507477	0	0,004824729	0	0	0,001315441	0

Tabla 9.16 Diferencia de oferta por prioridades.

Continuamos con el algoritmo de la Figura 9.1 por el registro de la anterior tabla que presenta mayor valor **0,037425044**, el correspondiente a la línea 2, en su franja F1. Sin embargo, si añadiéramos un coche más a esta línea, tendríamos que la suma de coches articulados de 12:00 a 14:30 sería de 33 y sólo hay 32 disponibles, por lo que no se asigna y seguimos por la siguiente iteración, sabiendo que si hubiera más articulados, éste debería asignarse a la línea 2 en la franja 1.

Las siguientes iteraciones van asignando los recursos teniendo en cuenta las prioridades y las restricciones.

El resumen del proceso iterativo se muestra en la tabla 9.17.

La iteración número 71 da por finalizado el proceso, ya que no es posible asignar más recursos sin sobrepasar la última restricción del número total de horas disponibles.

Planificación de los niveles de oferta II
Asignación de recursos

Iteración	valor prioridad * diferencia	Línea	Franja	Observaciones
1	0,037425044	2	1	No se asigna. Tope articulados
2	0,036932678	2	2	
3	0,02512993	25	1	
4	0,023644766	27	3	
5	0,02354819	27	4	
6	0,023482874	6	1	
7	0,023190201	5	1	
8	0,022605832	C1	1	
9	0,021279313	6	2	
10	0,020961991	C1	2	
11	0,02063937	C2	2	No se asigna. Tope articulados
12	0,019295732	27	1	
13	0,019195151	27	2	
14	0,018466339	2	2	No se asigna. Tope articulados
15	0,017624112	12	4	
16	0,017193696	26	1	
17	0,016840932	12	3	
18	0,016753287	25	1	No se asigna. Tope coches
19	0,016659616	C1	3	
20	0,016616551	12	5	
21	0,016396692	25	2	
22	0,01634383	C3	1	No se asigna. Tope coches
23	0,016338112	6	4	
24	0,015763178	27	3	
25	0,015698793	27	4	
26	0,015558948	26	2	No se asigna. Tope coches
27	0,01516585	13	4	
28	0,014513918	2	4	
29	0,014438436	24	1	
30	0,014093481	26	4	
31	0,012819693	C2	1	No se asigna. Tope articulados
32	0,012740926	26	3	
33	0,011741437	6	1	
34	0,011595101	5	1	No se asigna. Tope coches
35	0,01132558	1	2	
36	0,011302916	C1	1	No se asigna. Tope coches
37	0,0108524	24	3	
38	0,010639656	6	2	No se asigna. Tope coches
39	0,010546066	5	2	No se asigna. Tope coches
40	0,010480996	C1	2	No se asigna. Tope coches
41	0,010175279	5	3	
42	0,009794384	6	3	
43	0,009647866	27	1	No se asigna. Tope coches
44	0,009597576	27	2	No se asigna. Tope coches
45	0,009547764	1	3	
46	0,009036174	13	3	
47	0,008812056	12	4	
48	0,008773495	5	4	
49	0,008596848	26	1	No se asigna. Tope coches
50	0,008521953	C2	4	
51	0,008420466	12	3	
52	0,008405743	C1	5	
53	0,008351432	32	1	No se asigna. Tope coches
54	0,008349832	32	5	
55	0,008329808	C1	3	
56	0,008308276	12	5	
57	0,008198346	25	2	No se asigna. Tope coches
58	0,008169056	6	4	
59	0,008022072	2	5	
60	0,007881589	27	3	
61	0,007849397	27	4	
62	0,007690084	34	1	No se asigna. Tope coches
63	0,007582925	13	4	
64	0,007224785	32	2	No se asigna. Tope coches
65	0,007219218	24	1	No se asigna. Tope coches
66	0,007046741	26	4	
67	0,00696375	21	3	
68	0,006959857	21	1	No se asigna. Tope coches
69	0,006927492	1	4	
70	0,006922916	32	3	
71	0,006803568	25	3	No se asigna. Tope Horas

Tabla 9.17 Iteraciones del algoritmo.

De esta forma llegamos a la última asignación:

Línea	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	19	19	14	13	9	3	4
2	17	18	14	16	16	8	4
5	19	19	19	14	10	4	3
6	20	19	16	14	10	6	4
10	9	7	7	6		3	2
11	4	4	3	3	3	2	1
12	16	16	15	16	13	5	4
13	14	15	14	11		4	3
14	3	3	3	2	2	1	1
15	5	5	4	4	4	2	2
20	5	5	5	5		2	2
21	10	9	9	9	8	2	2
22	5	5	4	4	3	3	3
23	10	9	8	7	7	3	2
24	10	9	9	9	7	3	3
25	15	14	9	8	8	3	3
26	11	10	9	10	7	3	3
27	14	14	13	13		3	4
30	5	5	5	5	4	2	2
31	6	6	5	6	4	3	3
32	11	11	10	8	10	2	3
33	5	5	5	5	5	2	2
34	13	11	9		7	2	3
36	9	7	5	4		2	2
40	3	3	2	2	2	1	2
41	3	3	2	2	2	1	1
42	2	2	2	2		2	2
43	3	3	2	2		1	1
52	4	4	3	3		2	2
55	5	5	5	5	4	2	3
B1	2	2	2		2		2
B2	3	3	2		2		2
B3	2	2	2	2		2	2
C1	16	15	15		11	2	2
C2	15	14	11	11		3	3
C3	9	6	5		4	2	2
C4	7	6	5		5	1	2

V	>= 60 >= 90 (articul.)	IV	Entre 49 y 59 73 - 89 (articul.)	III	Entre 37 y 48 55 - 72 (articul.)	II	Entre 29 y 36 0 -55 (articul.)	I	Entre 0 y 28
---	---------------------------	----	-------------------------------------	-----	-------------------------------------	----	-----------------------------------	---	--------------

Tabla 9.18 asignación final de coches

Si desarrollamos la tabla anterior por líneas y franjas obtenemos la matriz de coches final, que se muestra en el Anexo VIII:

9.5. Análisis de la solución obtenida

Analizando la solución obtenida se observan varias cosas bastante llamativas:

- ⇒ Había una gran cantidad de recursos “poco aprovechados” principalmente a primera y última hora del día, mientras que en otras franjas horarias se producía una gran saturación.
- ⇒ También había varias líneas funcionando en algunos tramos por debajo de las frecuencias mínimas establecidas en los criterios de calidad.
- ⇒ Hay algunos casos concretos en los que los problemas de saturación de horas punta no se resuelven con más oferta, por lo que deben ser estudiados a parte.
- ⇒ Hay algunos casos concretos en los que la ocupación sigue siendo muy baja, pero no se les puede quitar oferta para garantizar las frecuencias de paso mínimas establecidas por criterios de calidad. Destacan las líneas 41, B1 y B2 por ser líneas catalogadas como de recorrido coincidente (tabla 9.7), es decir, que los barrios a los que prestan servicios están ya servidos por otras líneas, por lo que se plantea la necesidad de **suprimir** estas líneas poco rentables, o de realizar una **reordenación de líneas**, para poder asignar estos recursos a otras más saturadas.
- ⇒ El primer cuello de botella es el número de autobuses articulados, por lo que se necesitarían más para reforzar las líneas 2 y C2, o reforzarlos con autobuses normales.
- ⇒ Otro cuello de botella es la saturación en hora punta, ya que con la oferta actual de coches es imposible cubrir con calidad toda la

demanda. Esta conclusión refuerza la idea de la necesidad de realizar **una reordenación de líneas**.

- ⇒ En este caso se ve claramente cómo las líneas “universitarias” tienen un descenso importante de demanda, debido a que los días de la muestra corresponden a Marzo, Abril y Mayo, periodos en los que los estudiantes empiezan a faltar sistemáticamente a clase. Para este tipo de líneas hubiera sido más correcto coger datos de Octubre. Un caso muy similar es el de las líneas de “compras” en época navideñas y/o de rebajas.
- ⇒ El método anterior sólo puede ser una **gran ayuda** a la hora de planificar la oferta, que nunca puede sustituir la experiencia y el conocimiento de la persona encargada de tomar las decisiones. Por ejemplo, se puede pensar que es un “derroche” poner 2 coches a primera y última hora de la línea 36 que es la que le da servicio a la Universidad Pablo Olavide, y a esas horas permanece cerrada.

9.6. Conclusiones

A la vista de los resultados se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- Es viable la creación de un proceso tal que a partir de la abstracción matemática permita la asignación de recursos de una forma objetiva y sistemática, basada en criterios de igualdad y justicia social.
- Es necesario una reordenación de líneas.
- No se puede llevar todas las líneas dentro de los niveles de calidad deseables, por lo que hay que priorizar y en la medida de lo posible actuar sobre los casos de mayor saturación.
- El proceso es sencillo, intuitivo y fácil de implementar.
- El gran inconveniente de este tipo de procedimiento es que está totalmente ligado a los datos de entrada, por lo que hay que tener

especial cuidado en la selección de los días que se eligen como muestra.

- El método anterior sólo puede ser una **gran ayuda** a la hora de planificar la oferta, que nunca puede sustituir la experiencia y el conocimiento de la persona encargada de tomar las decisiones.
- Este procedimiento permite la mejora continua ya que al aumentar la demanda de una línea aumenta su prioridad y su oferta deseable, y por lo tanto, la posibilidad de ser reforzada. Por el contrario, al disminuir la demanda de una línea disminuye su prioridad, su oferta mínima y su oferta deseable, por lo que se puede “liberar” recursos para reforzar otras líneas más saturadas, pero siempre sobre un mínimo de calidad.
- Al establecer unos criterios mínimos y un proceso sistemático igual para todas las líneas, es de esperar que las variaciones de una temporada a otra, sean mínimas, con lo que se consigue una mayor estabilidad en la oferta de las líneas.
- Este procedimiento apuesta por los cambios poco a poco, evitando los cambios bruscos que generan malestar a los clientes y a los propios gestores y conductores de los autobuses.
- Es un proceso fácil, que permite implementar distintas temporadas en poco tiempo, por lo que es de gran ayuda a la hora de realizar las previsiones de horas anuales.
- Al presentar un listado de prioridades, se puede fácilmente modificar la oferta en caso de que ocurran variaciones en las restricciones de la oferta, sin tener que realizar todo el proceso de nuevo.
- Permite tener una visión gráfica y global de los puntos calientes y fríos de la red y a lo largo del día.
- El uso de la técnica AHP para establecer prioridades genera una gran flexibilidad ya que permite la inclusión de nuevos criterios a la hora de establecer prioridades, que como ya vimos en el capítulo 8

“Planificación de los niveles de oferta I. Establecimiento de una matriz de prioridades” repercuten en la satisfacción del cliente y de la propia empresa gestora como pueden ser: los costes de operación (a partir de las 22:00h. de la noche se considera nocturna y a la empresa le sale más cara la mano de obra), la comodidad de las paradas (no es lo mismo esperar sentado bajo una marquesina que de pie junto a un poste), los medios de entretenimiento (tanto a bordo como en las paradas), la peligrosidad de la parada o del barrio que hay que atravesar hasta llegar a ella, etc...