

*Para establecer prioridades de una forma totalmente objetiva, justa y sistemática vamos a seguir fielmente la Metodología de la Investigación Operativa. Identificando y acotando el problema que vamos a tratar, las variables decisorias, las restricciones, el modelo matemático y el análisis de las posibles soluciones.*

## **8. Planificación de los Niveles de Oferta I.**

### **Establecimiento de una matriz de prioridades**

*“La toma de decisiones la necesitamos para sobrevivir, todos tomamos decisiones a cada rato, jóvenes y viejos, educados e ignorantes, fácil o con grandes dificultades y tomar decisiones no es solo el tema de seleccionar la mejor alternativa. A menudo se requiere priorizar todas las alternativas y proveer recursos a ellas en forma proporcional a su importancia. (Saaty)”*

El objetivo de este capítulo es el estudio del problema de optimización de frecuencias de autobuses, en el contexto de la Investigación Operativa para el desarrollo de una herramienta sencilla de apoyo a la planificación del sistema de transporte público. No se trata de buscar un modelo, de entre los ya existentes, que se adapte cien por cien a nuestro problema para obtener un valor exacto de una solución matemática, sino más bien adaptar los modelos existentes a nuestro caso concreto con la idea de buscar un proceso sistemático que genere una herramienta sencilla para facilitar la planificación, estableciendo una serie de prioridades.

### **8.1. El diseño y optimización de frecuencias**

El problema del diseño y optimización de frecuencias ha sido menos estudiado y es bastante complejo, si bien hay algunos modelos que suelen tratarlo a la hora de optimizar la red de líneas.

Baaj y Mahmassani (1991) enumeran las siguientes dificultades:

- Formulación del problema: en definir las variables de decisión (en particular la elección de línea por parte del que viaja) y la función objetivo.
- No-linealidad y no-convexidad del problema.
- Naturaleza combinatoria del problema, con variables discretas.
- Múltiples objetivos: existe un trade-off principalmente entre los objetivos de los usuarios (pasajeros) del sistema, y los operadores (empresas de transporte), lo que hace que pueda no existir una única solución óptima, sino varias soluciones no dominadas. Una solución es no dominada cuando no existe otra solución que mejore la función en algún objetivo sin empeorar el resto.
- Disposición espacial de las rutas: formalización de una buena disposición de ellas.

Las primeras herramientas de diseño óptimo de frecuencias surgen en la década del 70, basados en ideas intuitivas, sin una formulación del modelo y su función objetivo, en algunos casos sin exploración del espacio de soluciones.

En la década del 80 se formulan algunas funciones objetivo, y se incorporan nuevos parámetros tales como el cubrimiento de la demanda, factor de carga (proporción de pasajeros parados respecto a la cantidad de asientos) y transferencias de los autobuses [Axhausen y Smith, 1984].

En la década del 90 aparecen otros enfoques, como la utilización de metaheurísticas y la exploración del espacio de soluciones. La facilidad de integrar módulos existentes y de incorporar interfaces gráficas, estimula el desarrollo de nuevos métodos.

Los métodos se diferenciarán básicamente, por su:

- ⇒ adaptabilidad: respecto de los datos disponibles, principalmente aquellos relativos a la topología de la red de tránsito y a la demanda de viajes (matrices origen-destino)
- ⇒ interactividad: con el usuario, para permitir la incorporación de conocimiento humano (técnico humano) en el proceso de toma de decisiones
- ⇒ eficiencia: calidad en los resultados y tiempos de procesamiento razonables
- ⇒ flexibilidad: en cuanto al horizonte de planificación, los primeros métodos se refirieron a planificaciones de corto y mediano plazo.

## 8.2. Metodología de la Investigación Operativa

En su forma más simple, la Investigación Operativa puede considerarse como un procedimiento que consta de cuatro pasos o etapas, tal como se muestra en la siguiente figura:

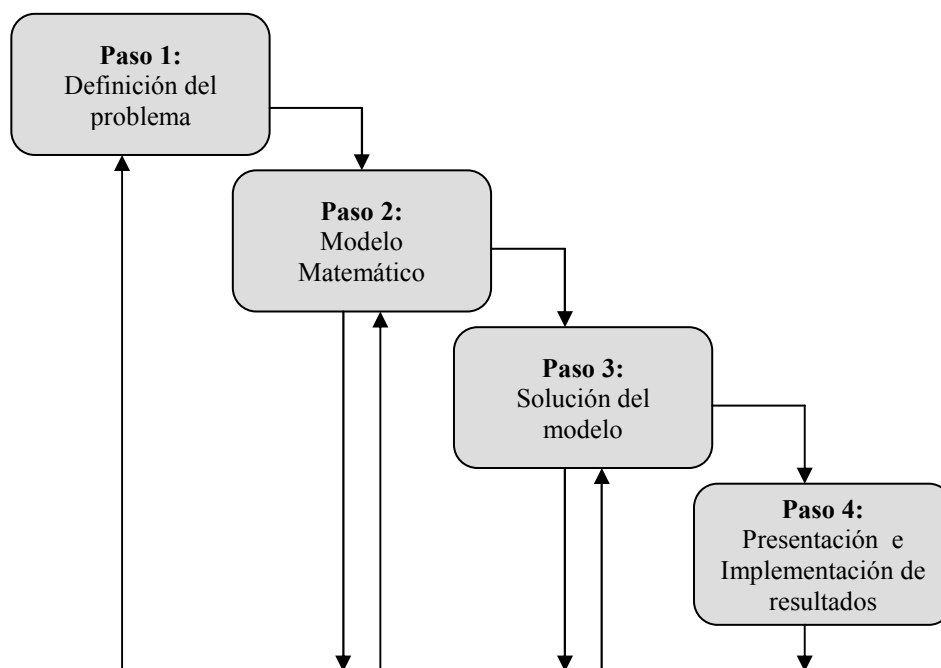


Figura 8.1 Metodología de la Investigación Operativa.

Sin embargo, los proyectos raramente se ajustan totalmente a este esquema en cascada, sino que normalmente los modelos han de ser revisados, las soluciones han de ser modificadas o los informes han de volverse a redactar a medida que se modifican y ajustan el conjunto inicial de datos e hipótesis. Por tanto, algunas partes del proceso deben repetirse hasta que se encuentra una solución adecuada.

### **8.2.1. Paso número 1: Definición del problema.**

La parte más importante de todo el proceso sea la definición del problema. Una respuesta incorrecta a una pregunta correcta no suele tener consecuencias fatales, ya que se pueden hacer revisiones y explorar otras alternativas: sin embargo, la respuesta correcta a una pregunta incorrecta puede ser desastrosa. Es importante que el problema esté claramente definido antes de invertir una gran cantidad de trabajo y energía en resolverlo.

Como ya se comentó en el capítulo 3 Antecedentes, se detecta **la necesidad de elaborar un método de asignación de recursos de forma objetiva, sistemática, y coherente con el criterio de equidad y justicia social**, que sea sencillo, fácil de implementar, y válido para todas las temporadas.

### **8.2.2. Paso número 2: Modelo Matemático**

El modelado matemático es un procedimiento que reconoce y verbaliza un problema para posteriormente cuantificarlo transformando las expresiones verbales en expresiones matemáticas. El modelado matemático será más o menos adecuado a la realidad en función de la experiencia y la pericia del analista y sólo mejora con la practica. El proceso del modelado matemático consta de cuatro fases, que se ilustran en la siguiente figura:

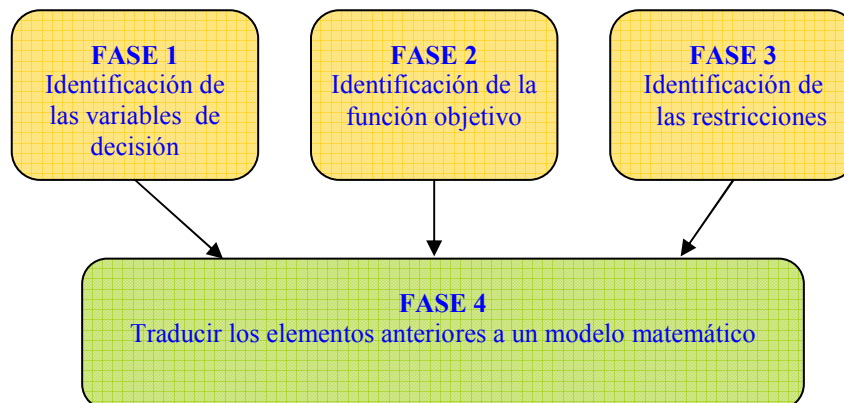


Figura 8.2 Etapas del modelo matemático

#### 8.2.2.1. FASE 1: Identificación de las variables de decisión.

Un paso crucial en la construcción de un modelo matemático es determinar aquellos factores sobre los que el encargado de tomar las decisiones tiene control, que normalmente se llaman variables de decisión del problema.

Hay que distinguir entre lo que está a nuestro alcance cambiar, el número de coches de cada franja horaria y cada línea, en definitiva **la oferta**, de aquello que no podemos modificar, por lo menos a corto plazo: **la red de líneas, las distintas temporadas, el número de coches y horas disponibles**, que denominaremos parámetros fijos.

#### 8.2.2.2. FASE 2: Identificación de la función objetivo.

El objetivo de la mayoría de los estudios de IO, y el de todos los modelos de optimización, es encontrar el modo de optimizar alguna medida respetando las restricciones existentes.

En nuestro caso, si no tuviéramos limitados los recursos, se trataría de obtener la frecuencia óptima en cada línea, cada franja horaria y cada temporada. Sin embargo, como esto no es posible, nuestro objetivo será conseguir una matriz de prioridades, para acercarnos lo máximo posible a la óptima. Para ello vamos a minimizar el coste social que supone el transporte público en autobús.

Para el estudio de los costes del transporte público hay que tener en cuenta los dos puntos de vista diferenciados desde los que se puede enfocar el problema:

- El coste para el cliente se mide en unidades de tiempo.
- El coste para la empresa se mide en unidades monetarias.

Desde el punto de vista del operador, los costes se pueden simplificar como:

$$CO = cF$$

Donde:

- $CO$ , son los costes totales,
- $c$ , son los costes de operación,
- $F$ , es la frecuencia, entendiéndose ésta como número de coches que pasan por la parada por hora, es decir, a más coches, mayor frecuencia.

Desde el punto de vista del cliente, el coste es el tiempo invertido en el trayecto, pero... ¿cómo se puede medir el valor del tiempo de la gente? Depende de cada persona, cada momento, cada situación y de una infinidad de condicionantes. De una forma general, se han definido distintos tiempos:

- $T$ , es la duración del trayecto, es decir, el tiempo que permanece la persona dentro del autobús. La valoración de las personas de este tiempo depende mucho de si van sentados o de pie, de la ocupación del autobús, del estado del tráfico...

- $T_e$ , es el tiempo de espera en la parada hasta que llega el autobús. Depende de la comodidad y ubicación del sitio de espera. Si un cliente llega a la parada justo cuando el autobús se acaba de ir, tendrá que esperar  $\frac{60}{F}$  minutos hasta el siguiente. Sin embargo, si el cliente llega a la parada justo cuando el autobús está llegando, no tendrá que esperar nada. Como término medio se asume que el tiempo de espera medio en una parada es:

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

Donde  $\alpha$  es el valor subjetivo que cada persona otorga a la espera en la parada, y dependerá de la comodidad, de la situación de la misma, la peligrosidad de la zona, del estado de ánimo de la propia persona, etc...

- $T_a$ , es el tiempo de accesibilidad, el que tarda el cliente en llegar a la parada.

En los estudios realizados sobre transporte público se puede fácilmente comprobar que a la gente le molesta mucho más el tiempo de espera y el de acceso a la parada que el tiempo invertido en el trayecto. Se suele considerar que el tiempo de acceso y espera penaliza el doble que el del trayecto. Esta molestia se multiplica, además, por el número de transbordos que tenga que realizar el cliente para llegar a su destino.

Basándonos en los estudios realizados por Gruttner, Punninghoff, Tudela y Díaz (Véase apartado 5.4.2.4) consideraríamos el coste del cliente como la suma de los distintos tiempos definidos anteriormente, multiplicados por los pesos relativos de los tiempos de acceso y espera con respecto al tiempo de viaje, es decir:

$$CC = (\lambda T + 2\alpha T_e + 2\beta T_a) * N_t * Q$$

Sin embargo algunos autores critican la aparente independencia de los términos  $T$ ,  $T_e$  y  $T_a$ , ya que no se tiene en cuenta la influencia que ejercen unos sobre otros, de tal manera que, por ejemplo, un tiempo de acceso  $T_a$  demasiado largo condiciona la percepción del cliente respecto a  $T_e$  y  $T$ , y prefieren reflejar la dependencia de los términos, de forma multiplicativa, en lugar de aditiva, aunque afectada por un coeficiente de minoración, es decir:

$$CC = \lambda T * 2\alpha T_e * 2\beta T_a * N_t * Q * \eta * \delta$$

Donde  $\alpha$ ,  $\beta$ , y  $\lambda$  son valores subjetivos de cada persona y dependen de:

- $\alpha$ , de la comodidad y situación de la parada, las condiciones meteorológicas, la propia prisa de la persona, la peligrosidad de la zona, de si tiene medios de entretenimiento en la parada, etc...
- $\beta$ , del paisaje, las condiciones meteorológicas, la peligrosidad de la zona que tiene que atravesar, de si accede andando o necesita otro medio de transporte, de las condiciones físicas de cada persona, de la propia prisa, etc...
- $\lambda$ , la ocupación del autobús, la comodidad y seguridad a bordo, de si realiza el viaje sentado o de pié, de la propia prisa de la persona, de si dispone medios de entretenimiento a bordo, etc...

y siendo:

- $N_t$ , es el número de transbordos
- $Q$ , es la demanda o cantidad de viajeros
- $\eta$ , un coeficiente de minoración, que dependerá entre otras cosas de la cultura y localización del problema en estudio.
- $\delta$ , valor económico que le otorgamos al tiempo  
(medido en unidades monetarias/unidades de tiempo)

Nosotros vamos a utilizar esta última definición, ya que como hemos comentado anteriormente, no buscamos obtener un valor exacto, sino que nos interesa más el procedimiento en sí.



Por lo tanto, el coste social del transporte público es:

$$TSC = CO + CC$$

Donde:

- $TSC$ , es el coste social del transporte
- $CO$ , coste desde el punto de vista del operador
- $CC$ , coste desde el punto de vista del cliente

Es decir:

$$TSC = cF + \lambda T * 2\alpha T_e * 2\beta T_a * N_t * Q * \eta * \delta$$

Desarrollando la anterior ecuación obtenemos:

$$TSC = cF + \lambda T * 2 * \frac{1}{2} \left( \frac{60}{F} \right) \alpha * 2\beta T_a * N_t * Q * \eta * \delta$$

Y simplificando:

$$TSC = cF + \lambda T * \left( \frac{120}{F} \right) \alpha * 2\beta T_a * N_t * Q * \eta * \delta$$

Para obtener la frecuencia óptima, tenemos que minimizar la función de costes (TSC):

$$\frac{\partial TSC}{\partial F} = 0$$

Es decir:

$$\frac{\partial TSC}{\partial F} = c - \frac{T * 120 * \alpha * \beta * \lambda * T_a * N_t * Q * \eta * \delta}{F^2} = 0$$

Y despejando  $F$ :

$$F = \sqrt{\frac{120 * \alpha * \beta * \lambda * T * T_a * N_t * Q * \eta * \delta}{c}}$$

De la igualdad anterior hay que hacer una serie de comentarios:

- El tiempo de acceso  $T_a$  es un valor totalmente dependiente del diseño de la red de autobuses, que como ya hemos explicado con anterioridad, no es un factor variable a corto plazo, sino que es uno de los parámetros que hemos tomado como fijos. Por lo tanto, y para simplificar, suponemos que la red está diseñada de tal forma que el tiempo de acceso de los clientes de las distintas zonas de Sevilla es bastante similar en todas las líneas, y por eso tomaremos  $T_a = \text{constante}$ .
- Estamos tratando de una empresa que ofrece un **servicio público**, y que trata de maximizar el beneficio social y no el beneficio económico. Si bien es cierto que puede haber líneas que pueden generar menor beneficio económico (o mayor déficit), debido a que son líneas que utilizan mayoritariamente clientes con tarifas bonificadas, o clientes de transbordos, o incluso que dan servicios a barrios “conflictivos” que necesitan una mayor inversión en sistemas de seguridad (mamparas), líneas “políticas”... etc, en general tanto los coches como los conductores van rotando por las distintas líneas. Creo sinceramente que sería un gran error tener en cuenta el factor coste económico como un elemento decisivo a la hora de repartir los recursos disponibles, y totalmente opuesto al objetivo de “**equidad y justicia social**” que nos hemos marcado en este proyecto. Por lo tanto, vamos a suponer que el coste de operación de las líneas es el mismo en todas, es decir,  $c = \text{constante}$ .

Con los comentarios anteriores, podemos considerar que la frecuencia óptima es:

$$F_{\text{óptima}} = K \sqrt{T * N_t * Q}$$

Es decir, la frecuencia óptima es una función proporcional a la duración del trayecto, el número de transbordos y la demanda.

### 8.2.2.3. FASE 3: Identificación de las restricciones.

En la búsqueda de la solución óptima, normalmente existen ciertas restricciones (limitaciones, requisitos) que condicionan las decisiones. En nuestro caso son básicamente tres:

- Número máximo de coches disponibles a la vez: 319 coches. (De ellos 32 son articulados y 287 son autobuses de 12 metros).
- Número máximo de horas de conducción disponibles que depende de cada temporada y viene fijada por las previsiones de la empresa.
- La experiencia aconseja una frecuencia mínima de paso entre coches no inferior a 4 minutos, ya que si pasaran coches cada menos tiempos se dificultaría considerablemente la gestión de la oferta.

Para la construcción de la matriz de prioridades, no los vamos a tener en cuenta, sino para la segunda fase de asignación de recursos.

### 8.2.2.4. FASE 4: Traducir todos los elementos básicos a un modelo matemático.

Una vez identificados los elementos básicos hay que expresarlos matemáticamente. Según la naturaleza de las funciones matemáticas, el modelo será de un tipo u otro: por ejemplo, si todas ellas son lineales, el problema será de Programación Lineal; si existe más de una función objetivo, será de programación multicriterio, como es el caso que nos ocupa.

Como explicamos en el capítulo anterior, para esta primera etapa de encontrar una matriz de preferencias, hemos optado por el método AHP, con los tres criterios encontrados: **Tiempo del trayecto, número de transbordos y número de viajeros**. Como subcriterios las **franjas horarias**, y como alternativas las distintas **líneas**.

### 8.2.3. Paso número 3. Resolución del modelo

Llegados a este punto, tenemos definidas las variables de decisión, hemos identificado la función objetivo e identificado las restricciones, e incluso hemos definido el modelo matemático.

Aceptado ya el método AHP como modelo matemático que mejor se adapta a nuestro problema, pasamos a resolverlo. Comenzamos por desarrollar el modelo jerárquico:

- El objetivo o cota es la  $F_{\text{óptima}}$
- Los criterios son: **Tiempo del trayecto, número de transbordos y número de viajeros.**

Hasta ahora el modelo jerárquico que llevamos es similar a lo que se representa en la figura.

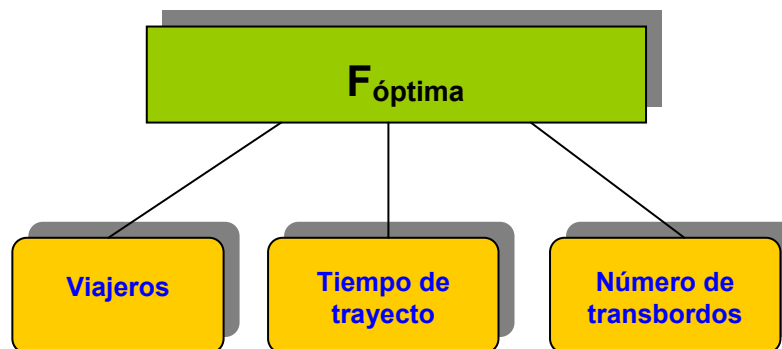


Figura 8.3. Primera aproximación del modelo jerárquico.

Pero como ya se ha explicado con anterioridad, tanto los viajeros, como los transbordos, y el tiempo de trayecto depende de la franja horaria en la que estemos tratando, y a su vez cada línea tiene sus propias franjas horarias.

Las franjas se definen como un intervalo de tiempo en el cual el comportamiento de la demanda es más o menos constante. Como mínimo la duración de una franja debe ser de 2 ó 3 horas para que no genere problemas con el convenio colectivo vigente en TUSSAM. A la hora de separar una franja de gran demanda, con otra que tiene menos situada entre ambas, hay que tener en cuenta que no estemos incorporando algún coche sin que haya dado tiempo a retirar otro, es decir, hay que evitar los solapes en las incorporaciones y retiradas de los coches.

Si bien es cierto que el comportamiento de la demanda a lo largo del día no es constante, y es necesario dar una oferta distinta según cada momento, no se aconseja definir demasiadas franjas horarias (siete, y en algunas temporadas especiales como en feria, ocho), ya que dificultan la gestión. Cada cambio de oferta (la oferta cambia en cada franja) implica tiempos de espera en cabecera para adecuarse a la nueva frecuencia.

Para el Invierno laborable que es la temporada que hemos seleccionado como ejemplo, se ha realizado un estudio exhaustivo del comportamiento de la demanda en las 37 líneas y se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- En 21 líneas (1, 2, 5, 6, 11, 12, 14, 15, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 40, 41 y 55) se puede dividir la jornada en 7 franjas horarias.
- En 14 líneas (10, 13, 20, 27, 34, 36, 42, 43, 52, B3, C1, C2, C3 y C4) se puede dividir la jornada en 6 franjas horarias.
- En 2 líneas (B1 y B2) se puede dividir la jornada en 5 franjas horarias.

Se han definido las franjas que se reflejan en la siguiente tabla:

**Planificación de los niveles de oferta I  
Establecimiento de una matriz de prioridades**

Línea	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7	
	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin	inicio	fin
1	7:00	9:30	12:00	15:30	18:30	21:30	9:30	12:00	15:30	18:30	21:30	23:00	6:00	7:00
2	12:00	15:00	7:00	9:30	9:30	12:00	15:00	19:30	19:30	22:00	6:00	7:00	22:00	23:00
5	8:00	10:00	13:00	15:30	7:00	8:00	10:00	13:00	15:30	21:30	6:00	7:00	21:30	23:00
6	12:30	15:30	7:00	10:00	10:00	12:30	15:30	20:30	20:30	21:30	6:00	7:00	21:30	23:00
10	7:30	10:30	12:30	15:00	10:30	12:30	15:00	21:30			6:00	7:00	21:30	23:00
11	12:00	15:00	7:00	9:30	17:00	21:00	9:30	12:00	15:00	17:00	21:00	23:00	6:00	7:00
12	7:00	09:30	12:00	15:00	18:30	21:30	9:30	12:00	15:00	18:30	6:00	7:00	21:30	23:00
13	11:30	15:00	7:00	9:30	9:30	11:30	15:00	21:30			6:00	7:00	21:30	23:00
14	18:30	21:30	7:00	9:00	11:00	15:00	15:00	18:30	9:00	11:00	21:30	23:00	6:00	7:00
15	7:00	10:00	12:30	15:00	15:00	18:00	18:00	21:30	10:00	12:30	6:00	7:00	21:30	23:00
20	12:30	15:00	7:00	10:30	15:00	21:30	10:30	12:30			6:00	7:00	21:30	23:00
21	12:30	15:00	8:00	10:00	10:00	12:30	7:00	8:00	15:00	21:30	21:30	23:00	6:00	7:00
22	12:30	15:00	7:00	9:30	9:30	12:30	15:00	19:00	19:00	21:30	21:30	23:00	6:00	7:00
23	7:00	10:00	12:30	15:00	10:00	12:30	15:00	19:30	19:30	21:30	21:30	23:00	6:00	7:00
24	10:00	15:00	8:00	10:00	18:30	21:30	7:00	8:00	15:00	18:30	6:00	7:00	21:30	23:00
25	7:00	9:30	12:00	15:30	9:30	12:00	19:00	21:30	15:30	19:00	6:00	7:00	21:30	23:00
26	12:00	15:00	7:00	9:30	19:30	21:30	9:30	12:00	15:00	19:30	21:30	23:00	6:00	7:00
27	12:30	15:30	7:00	9:30	15:30	21:30	9:30	12:30			6:00	7:00	21:30	23:00
30	12:30	15:00	7:00	9:00	19:00	21:30	9:00	12:30	15:00	19:00	21:30	23:00	6:00	7:00
31	12:30	15:00	7:00	9:30	19:30	22:00	9:30	12:30	15:00	19:30	6:00	7:00	22:00	23:00
32	10:00	15:00	7:30	10:00	17:00	20:00	15:00	17:00	20:00	21:30	6:00	7:30	21:30	23:00
33	10:00	13:30	19:00	21:30	8:00	10:00	13:30	19:00	7:00	8:00	6:00	7:00	21:30	23:00
34	12:30	15:30	7:00	12:30	15:30	21:00			21:00	22:00	6:00	7:00	22:00	23:00
36	7:30	10:00	13:00	15:30	10:00	13:00	15:30	21:30			6:00	7:30	21:30	23:00
40	9:30	15:00	19:00	21:30	8:00	9:30	15:00	19:00	7:00	8:00	6:00	7:00	21:30	23:00
41	19:00	21:30	12:00	15:00	15:00	19:00	9:30	12:00	7:30	9:30	21:30	23:00	6:00	7:30
42	9:30	14:30	17:00	21:30	7:30	9:30	14:30	17:00			21:30	23:00	6:00	7:30
43	18:30	21:30	10:30	15:00	7:30	10:30	15:00	18:30			21:30	23:00	6:00	7:30
52	12:00	15:30	7:00	9:00	9:00	12:00	15:30	21:30			6:00	7:00	21:30	23:00
55	7:30	10:00	12:00	15:00	15:00	20:00	10:00	12:00	20:00	21:30	6:00	7:30	21:30	23:00
B1	13:30	15:30	15:30	17:30	7:00	13:30			17:30	19:30			19:30	20:30
B2	11:00	14:00	18:00	20:30	14:00	18:00			8:30	11:00			7:00	8:30
B3	12:30	15:00	7:30	9:30	9:30	12:30	15:00	21:30			6:00	7:00	21:30	23:00
C1	7:00	10:30	10:30	15:00	18:00	21:30			15:00	18:00	6:00	7:00	21:30	23:00
C2	12:00	15:00	7:00	9:30	15:00	21:30	9:30	12:00			6:00	7:00	21:30	23:00
C3	7:00	10:00	10:00	15:30	15:30	20:00			20:00	21:30	6:00	7:00	21:30	23:00
C4	10:30	15:00	7:00	10:30	15:00	20:00			20:00	21:30	6:00	7:00	21:30	23:00

**Tabla 8.1 Distintas franjas de las líneas a lo largo del día.**

Las distintas franjas se han definido independientemente para cada línea, siendo  $F_1$  la franja de más demanda para cada línea y  $F_7$  la de menos demanda.

La definición de las franjas se ha realizado a partir de las gráficas que se muestran en el Anexo II, en la que se representan de manera porcentual el peso de la demanda y su evolución a lo largo del día y para cada línea. Estas gráficas han sido elaboradas a partir de los datos obtenidos del sistema de billeteaje (registro de bonobús y tarjetas picadas, así como de billetes vendidos), agrupando los viajeros reales por franjas de media hora (líneas rosas). Para facilitar el proceso de definición de franjas y aplanar los picos que se obtienen (errores en el cierre de viaje, irregularidades en la frecuencia, condiciones meteorológicas, errores de la propia medición...) se ha seguido un proceso “similar” a la digitalización de señales analógicas que se usa en electrónica. De cada dos medidas tomadas cada media hora se realiza la media entre ambas, es decir, es como si hubiéramos tomado medidas cada cuarto de hora. Cada dato obtenido cada media hora se compara con su anterior y posterior estimado cada cuarto de hora y por cercanía, y teniendo en cuenta las restricciones de convenio y gestión anteriormente detalladas, se obtiene una línea “más aplanada” (línea amarilla) que facilita el proceso de definición de franjas.

En la tabla anterior se puede observar como la hora punta (de máxima demanda) ocurre, aproximadamente, entre las 7:00 y las 10:00 de la mañana (hora de entrada en la mayoría de los trabajos, colegios, institutos y universidades), en algunas líneas, en otras es al mediodía, entre las 12:00 y las 15:00, e incluso hay algunas en que ocurre por la tarde.

El siguiente modelo jerárquico ya refleja las distintas franjas y líneas, contempla los criterios, subcriterios y alternativas según la estructura propuesta por Saaty.

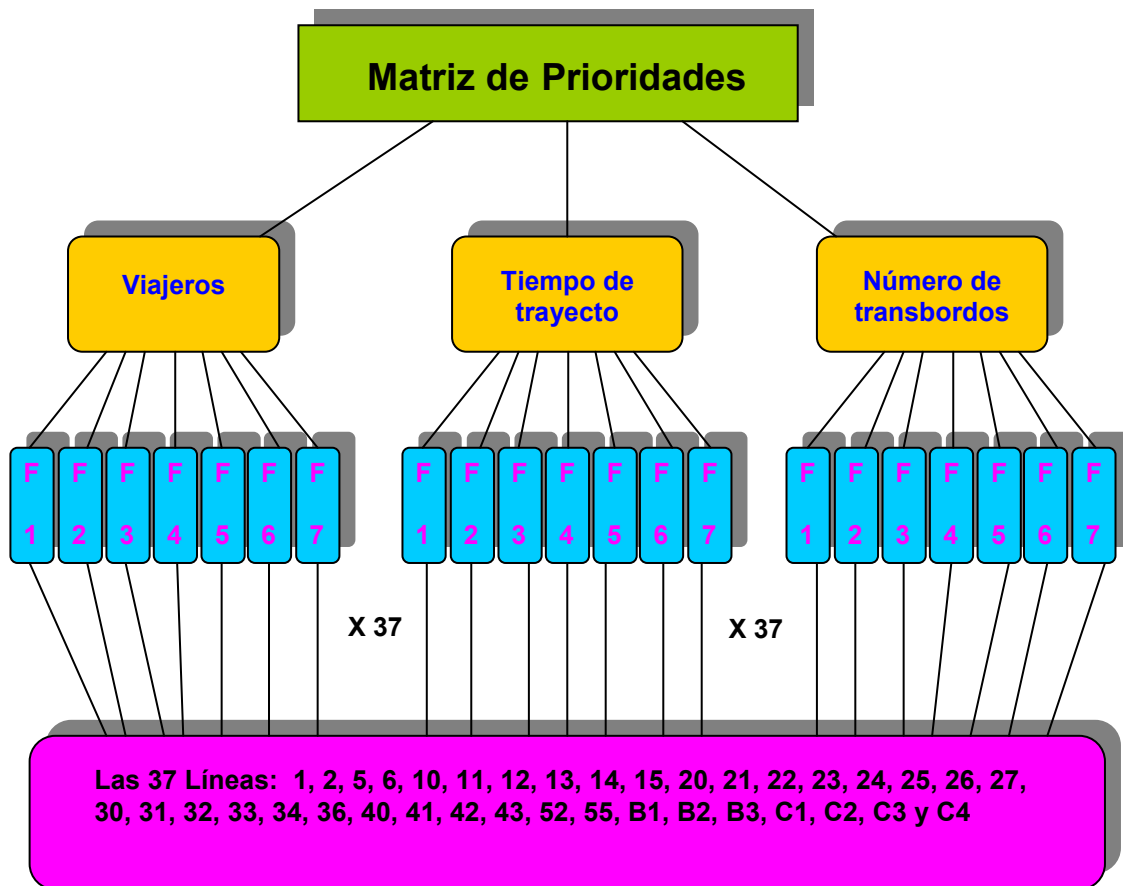


Figura 8.4. Modelo jerárquico para establecer la matriz de prioridades

El nivel de desempeño competitivo de la matriz de prioridades para el reparto de recursos se encuentra influenciado directamente por tres variables directas (viajeros, número de transbordos y tiempo de trayecto). Por su parte, dichas variables se ven influenciadas por las distintas franjas horarias del día, que se han definido un máximo de siete para cada línea, por lo tanto, estas franjas a su vez dependen de cada línea.

De esta manera el planteamiento sigue la lógica de un modelo de red jerárquica, en cuanto a las interacciones que se presentan entre los diversos elementos que influyen en el desempeño futuro de la matriz de prioridades.



Dentro de este contexto, la técnica AHP a diferencia de las otras técnicas, trabaja con un enfoque causal; es decir, identifica los elementos que en forma relevante o significativa, son la fuerza motriz o causalidad del futuro que se pretende explorar.

Para la resolución del modelo, hay que seguir los pasos que se muestran en la figura:

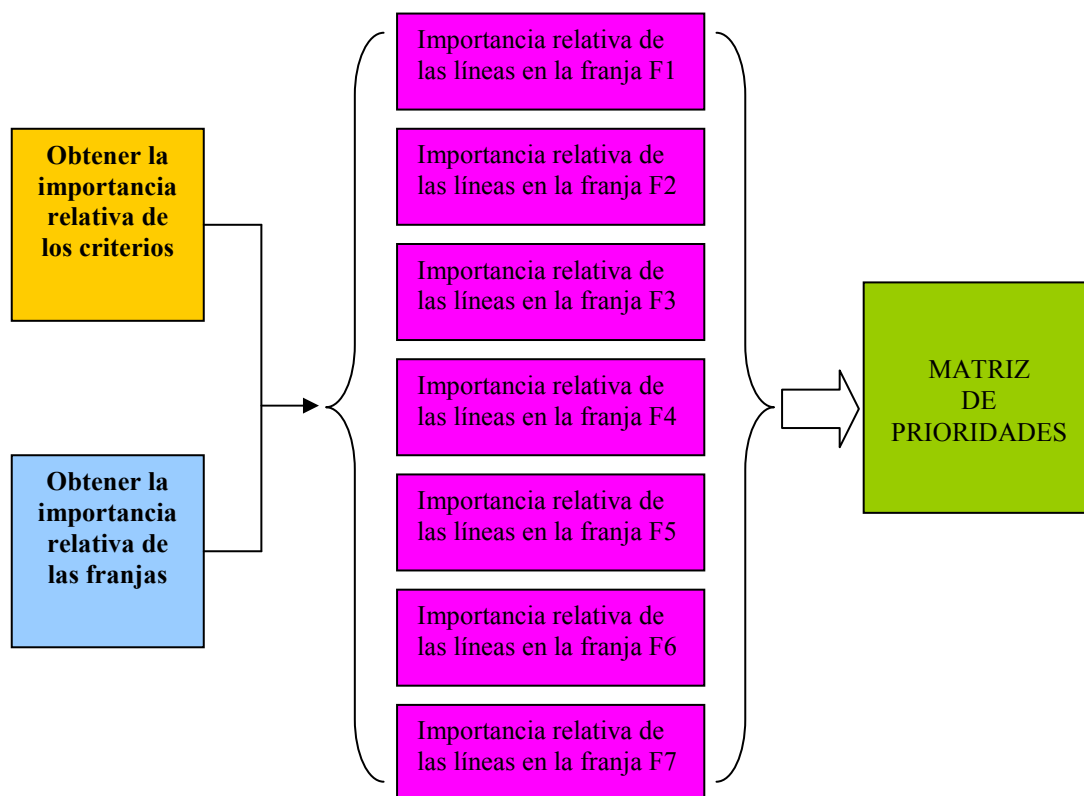


Figura 8.5 Pasos para la resolución del modelo.

En primer lugar vamos a obtener la importancia relativa de los tres criterios planteados: viajeros, tiempo de vuelta y número de transbordos, a partir de la matriz de criterios, obtenida de la comparación par a par de los mismos.

Estos valores son subjetivos y dependen de la persona encargada de realizar el proceso, en el caso de ser varias personas las responsables de definir los valores, se hará de forma consensuada.

Con idea de continuar con el proceso se han definido, a modo de ejemplo, unos valores concretos, utilizando la escala de Saaty (véase Tabla 7.3).

Comparando el factor “viajeros” con el factor “tiempo”, consideramos que los viajeros son muchísimo más importante que el tiempo, luego la importancia es 9; Comparando el factor “viajeros” con el factor “transbordo”, consideramos que los viajeros son muchísimo más importante que los transbordos, luego la importancia es 9; Comparando el factor “tiempos” con el factor “transbordo”, consideramos que los tiempos son ligeramente más importantes que los transbordos, luego la importancia es 3. De esta forma obtenemos la matriz de criterios:

	viajeros	tiempos	transbordos
viajeros	1	9	9
tiempos	0,11111111	1	3
transbordos	0,11111111	0,33333333	1
suma	1,22222222	10,33333333	13

**Tabla 8.2 Matriz de criterios**

y su posterior normalización (véase capítulo 7):

	viajeros	tiempos	transbordos
viajeros	0,81818182	0,87096774	0,69230769
tiempos	0,09090909	0,09677419	0,23076923
transbordos	0,09090909	0,03225806	0,07692308
suma	1	1	1

**Tabla 8.3 Matriz de criterios normalizada**

La siguiente tabla muestra la importancia relativa de los criterios:

viajeros	0,79381908
tiempos	0,13948417
transbordos	0,06669674
suma	1

**Tabla 8.4 Importancia relativa de los criterios**

Por sencillez, se ha supuesto que las importancias relativas de las franjas sean iguales para cada línea, si bien esto no es del todo cierto, se ha comprobado en varias líneas que la variación es bastante pequeña, y para simplificar, y ya que nuestro objetivo no es obtener un valor exacto, sino una matriz de prioridades, se ha obtenido una única matriz de importancia relativa de las distintas franjas, que vamos a usar en todas las líneas.

En este caso, a la hora de definir la importancia relativa de las franjas, y puesto que tenemos los valores concretos de los promedios de viajeros de cada franja, no vamos a utilizar la escala de Saaty, sino que directamente rellenamos la tabla con la relación de cada par de valores. En la siguiente tabla se muestran los promedios de viajeros por franja obtenidos de la muestra real:

Franja	Promedio de Viajeros
F1	12.165
F2	11.028
F3	9.827
F4	7.609
F5	5.777
F6	3.254
F7	2.316

**Tabla 8.5. Promedio de viajeros por franja.**

Como hemos explicado anteriormente, obtenemos la matriz de importancia relativa de las franjas, con la relación existente de cada par de valores.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	1,1030760	1,237925	1,5987438	2,1058706	3,7382486	5,251406
F2	0,9065558	1	1,1222485	1,4493505	1,9090893	3,3889311	4,7606936
F3	0,8078030	0,8910682	1	1,2914702	1,7011288	3,0197688	4,2421027
F4	0,6254910	0,6899641	0,7743113	1	1,3172032	2,3382411	3,2847081
F5	0,4748629	0,5238099	0,5878449	0,759184	1	1,7751558	2,4936987
F6	0,2675049	0,2950782	0,3311511	0,4276718	0,5633308	1	1,4047773
F7	0,1904251	0,2100534	0,2357321	0,3044410	0,4010107	0,7118565	1
sum	4,2726430	4,7130500	5,289213	6,8308618	8,997633	15,972202	22,437387

**Tabla 8.6 Matriz de importancia relativa de las franjas**

La normalizamos:

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	0,234047165	0,234047165	0,234047165	0,234047165	0,234047165	0,234047165	0,234047165
F2	0,212176826	0,212176826	0,212176826	0,212176826	0,212176826	0,212176826	0,212176826
F3	0,189064024	0,189064024	0,189064024	0,189064024	0,189064024	0,189064024	0,189064024
F4	0,146394411	0,146394411	0,146394411	0,146394411	0,146394411	0,146394411	0,146394411
F5	0,111140333	0,111140333	0,111140333	0,111140333	0,111140333	0,111140333	0,111140333
F6	0,062608774	0,062608774	0,062608774	0,062608774	0,062608774	0,062608774	0,062608774
F7	0,044568468	0,044568468	0,044568468	0,044568468	0,044568468	0,044568468	0,044568468
suma	1	1	1	1	1	1	1

**Tabla 8.7 Matriz normalizada de importancia relativa de las franjas**

Y obtenemos la importancia relativa de las franjas:

<b>F1</b>	0,234047165
<b>F2</b>	0,212176826
<b>F3</b>	0,189064024
<b>F4</b>	0,146394411
<b>F5</b>	0,111140333
<b>F6</b>	0,062608774
<b>F7</b>	0,044568468
<b>suma</b>	1

**Tabla 8.8 Importancia relativa de las siete franjas**

De la misma manera, y con las matrices anteriores, se han definido la importancia relativa que tiene cada línea en cada franja, a partir de las matrices

elaboradas en función de los datos de viajeros y transbordos obtenidos del sistema de billeteaje, y los tiempos de vuelta obtenidos a su vez del SAE (véase Anexo III).

Las siguientes siete tablas muestran los resultados obtenidos para cada franja:

**FRANJA F1**

<b>LINEA</b>	<b>viajeros</b>	<b>tiempos</b>	<b>transbordos</b>	<b>pesos</b>
1	0,053596893	0,034511435	0,055240418	<b>0,011946795</b>
2	0,08447813	0,043659044	0,101981437	<b>0,018712522</b>
5	0,050863616	0,043243243	0,04698085	<b>0,011595101</b>
6	0,052404938	0,046569647	0,031053998	<b>0,011741437</b>
10	0,027551982	0,027858628	0,024619087	<b>0,006412691</b>
11	0,011207121	0,019126819	0,01248577	<b>0,0029015</b>
12	0,050034728	0,028274428	0,05565607	<b>0,011087852</b>
13	0,048817328	0,025779626	0,038247293	<b>0,010508471</b>
14	0,008754707	0,016216216	0,007412059	<b>0,002271643</b>
15	0,012385376	0,023700624	0,012638905	<b>0,003272116</b>
20	0,014171939	0,026611227	0,013372981	<b>0,003710522</b>
21	0,030366093	0,027027027	0,027916756	<b>0,006959857</b>
22	0,009552084	0,037006237	0,009767421	<b>0,003135265</b>
23	0,025729797	0,026611227	0,023421555	<b>0,006014729</b>
24	0,031114147	0,028274428	0,033019636	<b>0,007219218</b>
25	0,036662906	0,031600832	0,034167744	<b>0,008376643</b>
26	0,038937211	0,024532225	0,035988349	<b>0,008596848</b>
27	0,041211517	0,038253638	0,047552878	<b>0,009647866</b>
30	0,010374123	0,025363825	0,011541843	<b>0,002935614</b>
31	0,012051081	0,03035343	0,011848113	<b>0,003414849</b>
32	0,036153242	0,034095634	0,033401258	<b>0,008351432</b>
33	0,019000827	0,023284823	0,015006421	<b>0,004524591</b>
34	0,033991281	0,028690229	0,028070701	<b>0,007690084</b>
36	0,021751132	0,020790021	0,02677432	<b>0,005137827</b>
40	0,008317532	0,017879418	0,006791416	<b>0,002235028</b>
41	0,008779368	0,012474012	0,005631155	<b>0,002126257</b>
42	0,00688868	0,01954262	0,0054764	<b>0,002003329</b>
43	0,008014873	0,014553015	0,003778951	<b>0,002023178</b>
52	0,008678375	0,020790021	0,01245012	<b>0,002485422</b>
55	0,012018199	0,037006237	0,017080631	<b>0,003707607</b>
B1	0,002507217	0,024948025	0,003268501	<b>0,001331291</b>
B2	0,006315994	0,019126819	0,003490506	<b>0,001852355</b>
B3	0,003205949	0,020790021	0,00261869	<b>0,001315223</b>
C1	0,049956438	0,031600832	0,063408429	<b>0,011302916</b>
C2	0,057734486	0,032848233	0,065391892	<b>0,012819693</b>
C3	0,037375339	0,019126819	0,038660514	<b>0,008171915</b>
C4	0,029045351	0,017879418	0,033786932	<b>0,006507477</b>
<b>suma</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

Tabla 8.9 Importancia relativa de las líneas en la franja F1

Como se puede observar, las líneas que más importancia tienen y en la franja más importante son la línea 2 y C2, así que a estas líneas se les asignará los autobuses articulados, que tienen mayor capacidad.

## FRANJA F2

LÍNEA	viajeros	tiempos	transbordos	pesos
1	0,056478858	0,03484032	0,055240418	<b>0,01132558</b>
2	0,093052805	0,04562422	0,101981437	<b>0,018466339</b>
5	0,05116	0,04272086	0,04698085	<b>0,010546066</b>
6	0,052033523	0,04852758	0,031053998	<b>0,010639656</b>
10	0,026096859	0,02820406	0,024619087	<b>0,005578599</b>
11	0,010718029	0,01866445	0,01248577	<b>0,002534311</b>
12	0,05092424	0,0277893	0,05565607	<b>0,01018722</b>
13	0,041747721	0,02737453	0,038247293	<b>0,008382984</b>
14	0,00741285	0,01576109	0,007412059	<b>0,001819893</b>
15	0,015052393	0,02364164	0,012638905	<b>0,003413816</b>
20	0,014508331	0,02530071	0,013372981	<b>0,003381668</b>
21	0,031056895	0,02613024	0,027916756	<b>0,00639931</b>
22	0,008868217	0,03732891	0,009767421	<b>0,002736658</b>
23	0,028091755	0,02695977	0,023421555	<b>0,005860828</b>
24	0,027973875	0,02820406	0,033019636	<b>0,006013626</b>
25	0,04033834	0,03110742	0,034167744	<b>0,008198346</b>
26	0,038791649	0,02488594	0,035988349	<b>0,007779474</b>
27	0,046136491	0,03898797	0,047552878	<b>0,009597576</b>
30	0,011629334	0,02571547	0,011541843	<b>0,002883121</b>
31	0,013420206	0,03110742	0,011848113	<b>0,003348668</b>
32	0,034185254	0,03359602	0,033401258	<b>0,007224785</b>
33	0,015777809	0,02156781	0,015006421	<b>0,003508126</b>
34	0,030591145	0,02861883	0,028070701	<b>0,006396693</b>
36	0,023158923	0,02073828	0,02677432	<b>0,00489331</b>
40	0,007000269	0,01742016	0,006791416	<b>0,001790719</b>
41	0,010458088	0,01285774	0,005631155	<b>0,002221674</b>
42	0,006105589	0,01824969	0,0054764	<b>0,001645969</b>
43	0,010427863	0,0145168	0,003778951	<b>0,002239472</b>
52	0,011470649	0,02073828	0,01245012	<b>0,002721945</b>
55	0,014326976	0,03649938	0,017080631	<b>0,00373502</b>
B1	0,002833658	0,02488594	0,003268501	<b>0,001260034</b>
B2	0,005567572	0,01824969	0,003490506	<b>0,001527247</b>
B3	0,002878997	0,02073828	0,00261869	<b>0,001135724</b>
C1	0,051434047	0,03110742	0,063408429	<b>0,010480996</b>
C2	0,049872386	0,03359602	0,065391892	<b>0,010319685</b>
C3	0,032264549	0,01990875	0,038660514	<b>0,006570628</b>
C4	0,026153857	0,01783492	0,033786932	<b>0,00541106</b>
suma	1	1	1	

Tabla 8.10 Importancia relativa de las líneas en la franja F2

**FRANJA 3**

LINEA	viajeros	tiempos	transbordos	pesos
1	0,052916347	0,034482759	0,055240418	<b>0,009547764</b>
2	0,086253645	0,043422733	0,101981437	<b>0,015376275</b>
5	0,056070975	0,044274159	0,04698085	<b>0,010175279</b>
6	0,054422427	0,046828438	0,031053998	<b>0,009794384</b>
10	0,032258619	0,028948489	0,024619087	<b>0,005915317</b>
11	0,011473689	0,019582801	0,01248577	<b>0,002395873</b>
12	0,046267883	0,029374202	0,05565607	<b>0,008420466</b>
13	0,052356654	0,02639421	0,038247293	<b>0,009036174</b>
14	0,011295605	0,016177097	0,007412059	<b>0,002215353</b>
15	0,014636797	0,022562793	0,012638905	<b>0,002951118</b>
20	0,01508429	0,026819923	0,013372981	<b>0,003139803</b>
21	0,039341268	0,026819923	0,027916756	<b>0,00696375</b>
22	0,009039876	0,035759898	0,009767421	<b>0,002422935</b>
23	0,031688751	0,027245636	0,023421555	<b>0,005769782</b>
24	0,028069408	0,030225628	0,033019636	<b>0,0054262</b>
25	0,037000738	0,031077054	0,034167744	<b>0,006803568</b>
26	0,035158842	0,024265645	0,035988349	<b>0,006370463</b>
27	0,041637702	0,039165602	0,047552878	<b>0,007881589</b>
30	0,010949613	0,025542784	0,011541843	<b>0,002462489</b>
31	0,008629435	0,030651341	0,011848113	<b>0,002252852</b>
32	0,037261927	0,034482759	0,033401258	<b>0,006922916</b>
33	0,019487462	0,022988506	0,015006421	<b>0,0037202</b>
34	0,030399146	0,02767135	0,028070701	<b>0,005646087</b>
36	0,018656404	0,021285653	0,02677432	<b>0,003698958</b>
40	0,007191196	0,017454236	0,006791416	<b>0,001625206</b>
41	0,010087179	0,012771392	0,005631155	<b>0,001921719</b>
42	0,006792627	0,018731375	0,0054764	<b>0,001582486</b>
43	0,008056175	0,013622818	0,003778951	<b>0,001615998</b>
52	0,00970133	0,020008514	0,01245012	<b>0,00214065</b>
55	0,013117148	0,034908472	0,017080631	<b>0,003104629</b>
B1	0,00340512	0,025542784	0,003268501	<b>0,001225865</b>
B2	0,005113551	0,017028523	0,003490506	<b>0,001260537</b>
B3	0,002985025	0,020434227	0,00261869	<b>0,001019902</b>
C1	0,044339246	0,033205619	0,063408429	<b>0,008329808</b>
C2	0,054178198	0,03192848	0,065391892	<b>0,009797795</b>
C3	0,028583873	0,020008514	0,038660514	<b>0,005305103</b>
C4	0,026091829	0,018305662	0,033786932	<b>0,004824729</b>
suma	1	1	1	

Tabla 8.11 Importancia relativa de las líneas en la franja F3



## FRANJA 4

LINEA	viajeros	tiempos	transbordos	pesos
1	0,04748746	0,037148577	0,06660974	<b>0,006927492</b>
2	0,106671553	0,044900485	0,122970776	<b>0,014513918</b>
5	0,06284203	0,044929413	0,056650227	<b>0,008773495</b>
6	0,058391176	0,049842067	0,037445386	<b>0,008169056</b>
10	0,028599636	0,032072929	0,029686071	<b>0,004268358</b>
11	0,016716988	0,026103513	0,015055533	<b>0,002622721</b>
12	0,064566173	0,032003591	0,06711094	<b>0,008812056</b>
13	0,055824386	0,031598231	0,04611917	<b>0,007582925</b>
14	0,013123511	0,022633979	0,008937574	<b>0,002074538</b>
15	0,016033589	0,030762773	0,015240185	<b>0,002640247</b>
20	0,021651916	0,032293943	0,016125345	<b>0,003333065</b>
21	0,033775675	0,028798258	0,033662451	<b>0,004841827</b>
22	0,010168844	0,038601863	0,011777706	<b>0,002084965</b>
23	0,0339217	0,029729133	0,028242069	<b>0,00482488</b>
24	0,039229723	0,031148655	0,039815582	<b>0,00558372</b>
25	0,036456701	0,032796983	0,041199987	<b>0,005308641</b>
26	0,051544045	0,031002372	0,043395301	<b>0,007046741</b>
27	0,055438542	0,041478397	0,057339987	<b>0,007849397</b>
30	0,015789518	0,030826822	0,01391733	<b>0,002600274</b>
31	0,017698278	0,035532613	0,014286635	<b>0,002921789</b>
32	0,041726758	0,035912588	0,040275748	<b>0,005975673</b>
33	0,022341886	0,027869462	0,018094972	<b>0,003342132</b>
36	0,017117827	0,025951708	0,032284885	<b>0,002834431</b>
40	0,010185272	0,022134371	0,008189194	<b>0,001715574</b>
41	0,013089717	0,02059808	0,006790133	<b>0,002008071</b>
42	0,008253356	0,028911211	0,006603527	<b>0,001613963</b>
43	0,012072128	0,020400309	0,004556717	<b>0,00186397</b>
52	0,009331023	0,029971724	0,015012545	<b>0,001842961</b>
55	0,017807797	0,040942976	0,020596086	<b>0,0031066</b>
B3	0,002294845	0,024067941	0,003157656	<b>0,000788977</b>
C2	0,059847948	0,039035032	0,078850543	<b>0,008521953</b>
suma	1	1	1	

Tabla 8.12 Importancia relativa de las líneas en la franja F4

**FRANJA 5**

LINEA	viajeros	tiempos	transbordos	pesos
1	0,051383772	0,040798285	0,072711799	<b>0,005704808</b>
2	0,070801203	0,050351327	0,134236018	<b>0,008022072</b>
5	0,049343112	0,04827052	0,061839904	<b>0,005560017</b>
6	0,040133138	0,052548026	0,040875724	<b>0,004658374</b>
11	0,018220421	0,027616075	0,016434756	<b>0,002157441</b>
12	0,080770125	0,041236385	0,073258913	<b>0,008308276</b>
14	0,015283761	0,02534282	0,009756337	<b>0,001813608</b>
15	0,021727603	0,032635669	0,016636325	<b>0,002546173</b>
21	0,055510911	0,04279539	0,036746238	<b>0,005833284</b>
22	0,022597962	0,047190743	0,012856651	<b>0,002820581</b>
23	0,039391659	0,036598764	0,030829299	<b>0,004271236</b>
24	0,042906625	0,03730503	0,043463052	<b>0,004685943</b>
25	0,057271361	0,035593359	0,044974281	<b>0,005937944</b>
26	0,052502995	0,033178824	0,047370706	<b>0,005497587</b>
30	0,021025058	0,03389267	0,015192285	<b>0,002492973</b>
31	0,019228076	0,0372099	0,015595421	<b>0,002388847</b>
32	0,035700185	0,045112844	0,043965373	<b>0,004174916</b>
33	0,021107207	0,028099312	0,019752636	<b>0,002444215</b>
34	0,035800401	0,0357917	0,036948873	<b>0,003987247</b>
40	0,02068953	0,025147154	0,008939398	<b>0,002281445</b>
41	0,015749714	0,020797037	0,007412171	<b>0,00176687</b>
55	0,021182698	0,046102084	0,022482875	<b>0,002750198</b>
B1	0,008487059	0,034615799	0,004302259	<b>0,00131729</b>
B2	0,014544075	0,032038077	0,00459448	<b>0,001813878</b>
C1	0,080852645	0,042174713	0,08346318	<b>0,008405743</b>
C3	0,036426804	0,0360121	0,050888021	<b>0,004149255</b>
C4	0,051361901	0,031545393	0,044473027	<b>0,005350112</b>
suma	1	1	1	

Tabla 8.13 Importancia relativa de las líneas en la franja F5

## FRANJA 6

LINEA	viajeros	tiempos	transbordos	pesos
1	0,032151189	0,036342531	0,055616329	<b>0,002147535</b>
2	0,106335308	0,042816462	0,102675421	<b>0,006087534</b>
5	0,059253433	0,040029635	0,047300555	<b>0,003491992</b>
6	0,073631023	0,044997351	0,031265321	<b>0,004182981</b>
10	0,02615365	0,025428872	0,02478662	<b>0,00162541</b>
11	0,014265914	0,021031296	0,012570736	<b>0,000945174</b>
12	0,050539252	0,028762865	0,05603481	<b>0,002996977</b>
13	0,043717959	0,025540878	0,038507566	<b>0,002556631</b>
14	0,013501066	0,018599036	0,007462498	<b>0,00086459</b>
15	0,015405971	0,023436255	0,012724913	<b>0,001023481</b>
20	0,00939073	0,027730254	0,013463984	<b>0,000765109</b>
21	0,021872096	0,028266955	0,02810673	<b>0,001451266</b>
22	0,009048894	0,038503228	0,009833888	<b>0,000827041</b>
23	0,021408188	0,029966533	0,023580938	<b>0,001424153</b>
24	0,023309861	0,027644726	0,033244335	<b>0,001538742</b>
25	0,037166576	0,030296027	0,034400255	<b>0,002255402</b>
26	0,029964744	0,026735333	0,03623325	<b>0,00187403</b>
27	0,038415077	0,036232854	0,047876476	<b>0,002425573</b>
30	0,01334189	0,027801761	0,011620385	<b>0,000954408</b>
31	0,016903746	0,036496112	0,011928739	<b>0,001208647</b>
32	0,025546684	0,033560855	0,033628554	<b>0,001703182</b>
33	0,00976246	0,022906338	0,01510854	<b>0,000748324</b>
34	0,015116755	0,026506754	0,028261723	<b>0,0011008</b>
36	0,014669312	0,027578298	0,02695652	<b>0,00108247</b>
40	0,006740306	0,017258942	0,006837632	<b>0,000514267</b>
41	0,011653693	0,015960423	0,005669475	<b>0,000742245</b>
42	0,007912236	0,022106394	0,005513667	<b>0,000609316</b>
43	0,01012464	0,016076375	0,003804667	<b>0,000659476</b>
52	0,017251445	0,023105741	0,012534843	<b>0,001111521</b>
55	0,016326865	0,03458974	0,017196865	<b>0,001185326</b>
B3	0,010220974	0,027268116	0,00263651	<b>0,000757123</b>
C1	0,056330045	0,033889899	0,063839923	<b>0,003362147</b>
C2	0,069399221	0,034287135	0,065836884	<b>0,004023493</b>
C3	0,053204508	0,027500679	0,038923599	<b>0,003046965</b>
C4	0,019964288	0,020745346	0,034016852	<b>0,001315441</b>
suma	1	1	1	

Tabla 8.14 Importancia relativa de las líneas en la franja F6

**FRANJA 7**

<b>LINEA</b>	<b>viajeros</b>	<b>tiempos</b>	<b>transbordos</b>	<b>pesos</b>
1	0,067558817	0,03225806	0,055240418	<b>0,00275493</b>
2	0,069933089	0,0442865	0,101981437	<b>0,00305264</b>
5	0,043456364	0,04209951	0,04698085	<b>0,00193883</b>
6	0,050651126	0,04592674	0,031053998	<b>0,00216982</b>
10	0,028347363	0,02624385	0,024619087	<b>0,00123924</b>
11	0,013382258	0,01694915	0,01248577	<b>0,00061594</b>
12	0,066335708	0,02733734	0,05565607	<b>0,0026823</b>
13	0,057845888	0,02624385	0,038247293	<b>0,00232339</b>
14	0,004316857	0,01421542	0,007412059	<b>0,00026313</b>
15	0,018418591	0,02132313	0,012638905	<b>0,00082176</b>
20	0,01755522	0,02733734	0,013372981	<b>0,00083079</b>
21	0,029138787	0,02296337	0,027916756	<b>0,00125665</b>
22	0,012734729	0,03717879	0,009767421	<b>0,00071071</b>
23	0,028922944	0,0267906	0,023421555	<b>0,00125944</b>
24	0,032088639	0,02788409	0,033019636	<b>0,00140677</b>
25	0,036693287	0,03007108	0,034167744	<b>0,00158669</b>
26	0,043600259	0,02460361	0,035988349	<b>0,00180248</b>
27	0,046190373	0,03827228	0,047552878	<b>0,00201346</b>
30	0,013166415	0,02460361	0,011541843	<b>0,00065308</b>
31	0,012303043	0,03389831	0,011848113	<b>0,00068122</b>
32	0,041010145	0,03335156	0,033401258	<b>0,00175753</b>
33	0,019281963	0,02351011	0,015006421	<b>0,00087294</b>
34	0,028922944	0,02952433	0,028070701	<b>0,00129026</b>
36	0,007770343	0,02515036	0,02677432	<b>0,00051085</b>
40	0,007626448	0,0174959	0,006791416	<b>0,00039877</b>
41	0,006906972	0,01148168	0,005631155	<b>0,00033248</b>
42	0,006906972	0,01858939	0,0054764	<b>0,00037621</b>
43	0,00575581	0,01257518	0,003778951	<b>0,00029304</b>
52	0,009928772	0,02077638	0,01245012	<b>0,00051744</b>
55	0,01482121	0,03608529	0,017080631	<b>0,00079947</b>
B1	0,008202029	0,03280481	0,003268501	<b>0,00050383</b>
B2	0,013238362	0,02405686	0,003490506	<b>0,00062829</b>
B3	0,001582848	0,02624385	0,00261869	<b>0,00022693</b>
C1	0,03813224	0,02843084	0,063408429	<b>0,00171432</b>
C2	0,037700554	0,03061782	0,065391892	<b>0,00171854</b>
C3	0,033095906	0,02022963	0,038660514	<b>0,00141159</b>
C4	0,026476725	0,01858939	0,033786932	<b>0,00115272</b>
<b>suma</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	

Tabla 8.15 Importancia relativa de las líneas en la franja F7

### 8.2.4. Paso número 4: Presentación de resultados

Si agrupamos las siete matrices anteriores en una sola, y la normalizamos, tenemos la siguiente tabla, que representa la importancia relativa de cada línea y cada franja:

LÍNEA	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
1	0,011946795	0,01132558	0,009547764	0,006927492	0,005704808	0,002147535	0,002754925
2	0,018712522	0,018466339	0,015376275	0,014513918	0,008022072	0,006087534	0,003052642
5	0,011595101	0,010546066	0,010175279	0,008773495	0,005560017	0,003491992	0,001938825
6	0,011741437	0,010639656	0,009794384	0,008169056	0,004658374	0,004182981	0,00216982
10	0,006412691	0,005578599	0,005915317	0,004268358		0,00162541	0,001239239
11	0,0029015	0,002534311	0,002395873	0,002622721	0,002157441	0,000945174	0,000615936
12	0,011087852	0,01018722	0,008420466	0,008812056	0,008308276	0,002996977	0,002682298
13	0,010508471	0,008382984	0,009036174	0,007582925		0,002556631	0,002323387
14	0,002271643	0,001819893	0,002215353	0,002074538	0,001813608	0,00086459	0,000263132
15	0,003272116	0,003413816	0,002951118	0,002640247	0,002546173	0,001023481	0,000821764
20	0,003710522	0,003381668	0,003139803	0,003333065		0,000765109	0,000830789
21	0,006959857	0,00639931	0,00696375	0,004841827	0,005833284	0,001451266	0,001256648
22	0,003135265	0,002736658	0,002422935	0,002084965	0,002820581	0,000827041	0,000710706
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	0,001538742	0,001406771
25	0,008376643	0,008198346	0,006803568	0,005308641	0,005937944	0,002255402	0,001586689
26	0,008596848	0,007779474	0,006370463	0,007046741	0,005497587	0,00187403	0,001802475
27	0,009647866	0,009597576	0,007881589	0,007849397		0,002425573	0,002013461
30	0,002935614	0,002883121	0,002462489	0,002600274	0,002492973	0,000954408	0,000653078
31	0,003414849	0,003348668	0,002252852	0,002921789	0,002388847	0,001208647	0,000681225
32	0,008351432	0,007224785	0,006922916	0,005975673	0,004174916	0,001703182	0,001757531
33	0,004524591	0,003508126	0,0037202	0,003342132	0,002444215	0,000748324	0,000872943
34	0,007690084	0,006396693	0,005646087		0,003987247	0,0011008	0,001290257
36	0,005137827	0,00489331	0,003698958	0,002834431		0,00108247	0,000510847
40	0,002235028	0,001790719	0,001625206	0,001715574	0,002281445	0,000514267	0,000398771
41	0,002126257	0,002221674	0,001921719	0,002008071	0,00176687	0,000742245	0,00033248
42	0,002003329	0,001645969	0,001582486	0,001613963		0,000609316	0,000376206
43	0,002023178	0,002239472	0,001615998	0,00186397		0,000659476	0,000293045
52	0,002485422	0,002721945	0,00214065	0,001842961		0,001111521	0,00051744
55	0,003707607	0,00373502	0,003104629	0,0031066	0,002750198	0,001185326	0,000799465
B1	0,001331291	0,001260034	0,001225865		0,00131729		0,000503832
B2	0,001852355	0,001527247	0,001260537		0,001813878		0,000628292
B3	0,001315223	0,001135724	0,001019902	0,000788977		0,000757123	0,000226932
C1	0,011302916	0,010480996	0,008329808		0,008405743	0,003362147	0,001714321
C2	0,012819693	0,010319685	0,009797795	0,008521953		0,004023493	0,00171854
C3	0,008171915	0,006570628	0,005305103		0,004149255	0,003046965	0,001411591
C4	0,006507477	0,00541106	0,004824729		0,005350112	0,001315441	0,001152725
suma	0,234047165	0,212176826	0,189064024	0,146394411	0,111140333	0,062608774	0,044568468

Tabla 8.16 Tabla de prioridades.

y desarrollando las franjas horarias en periodos de media hora, obtenemos la Matriz de prioridades que veníamos buscando, (Véase Anexo IV).

En lo sucesivo, por sencillez, y para no complicar los cálculos, y no realizar más de los necesarios, vamos a seguir trabajando con la Tabla 8.16 que contiene los datos agrupados por franjas, en lugar de la matriz desarrollada (Anexo IV) que muestra los mismos valores desarrollados en cada periodo de media hora. El resultado obtenido considerando las franjas agrupadas o toda la matriz desarrollada, es prácticamente el mismo.