

# ESTUDIO DE LA DEMANDA DE TRANSPORTE PARA EL PLAN DE AMPLIACION DEL METROPOLITANO DE MADRID

Por EDUARDO NUEZ CAÑIBANO  
Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

JAVIER VALERO CALVETE  
Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos

*Los autores exponen brevemente el planteamiento, desarrollo y resultados más importantes del Estudio de Tráfico realizado para el Plan de Ampliación del Metropolitano de Madrid (1968-1980). Aunque un Estudio Integral del Transporte es el medio más adecuado para hacer la prognosis del tráfico futuro en los diversos medios de transporte de una ciudad, el estudio expuesto a continuación demuestra que con medios mucho más limitados puede llegarse a resultados confiables al menos hasta una año horizonte no lejano (1980).*

## 1. INTRODUCCION

El continuo crecimiento de las ciudades en superficie, el aumento constante de su población y el crecimiento vertiginoso del parque de vehículos privados, hace que uno de los problemas más urgentes de las modernas urbes sea lograr una red eficaz de transporte público, que asegure al ciudadano unos desplazamientos rápidos, seguros y económicos desde su domicilio a los centros de trabajo, de servicios, comerciales, culturales, etc.

La solución de este problema mediante el transporte de superficie es cada vez más difícil, debido al aumento del número de vehículos privados, común a todas las ciudades ubicadas en los países occidentales, lo que obliga, en la mayoría de los casos, a buscar aquélla en la creación o ampliación de una red de ferrocarril metropolitano.

En Madrid existe desde hace cincuenta años una red de metro de gran eficacia, pero insuficiente para la demanda actual de transporte y con necesidad urgente de ampliación, pensando en que el crecimiento de su población continuará de manera irreversible en los años futuros.

Ahora bien, la creación o, en su caso, la ampliación de una red de "metro", exige unos gastos de primer establecimiento muy cuantiosos, cuya rentabilidad económica y social habrá que valorar adecuadamente para saber cuál va a ser la longitud de la red, su densidad y el trazado de sus líneas, de forma que éstas sigan lo más fielmente posible las "líneas de deseo" marcadas por las migraciones diarias de sus habitantes.

Por otra parte, al no ser posible la construcción de toda la red de una forma simultánea, por motivos técnicos y económicos de fácil comprensión, se hacía necesario, una vez establecida la red definitiva para el año horizonte fijado, determinar un orden de prelación en la construcción de las diversas líneas o secciones de línea, de forma que se obtuviese una rentabilidad social óptima.

Este fue el planteamiento del estudio de tráfico que tratamos de resumir en este artículo, por creer que pueda ser de alguna utilidad, en unos momentos en que los metropolitanos existentes en España están siendo ampliados urgentemente, y se piensa en la creación de redes de "metro" en ciudades en las que hasta ahora no se había pensado fuese necesaria esta solución al transporte de masas.

El objeto de este estudio fue la determinación de la demanda de transporte previsible en la red del Metropolitano de Madrid en el año 1980. La longitud de dicha red sería de unos 100 Km. como consecuencia de la aprobación por el Gobierno, mediante Decreto de 22 de julio de 1967, de la construcción de 55 Km. de líneas en el período 1968-1980, los que, unidos a los 41 en explotación, más los 4 del tramo Callao-Ventas, en construcción en aquella fecha, totalizaban la cifra de 100 Km. antes señalada.

La incidencia que un aumento tan importante de la longitud de la red en un plazo tan breve debía necesariamente tener en el cuadro del transporte madrileño, así como la necesidad de justificar que la red del Plan de Ampliación cumplía plenamente los objetivos propuestos, fueron las razones que movieron a los gestores de la Compañía Metropolitano de Madrid a la realización de este estudio.

Los objetivos fundamentales del Plande Ampliación eran los siguientes:

1. Establecer una red densa en el casco urbano que permitiese aliviar las dificultades del transporte de superficie.
2. Acudir a aquellos barrios periféricos cuyas comunicaciones con el centro de la ciudad fuesen difíciles y no fuera económica la ampliación de su superficie viaria.

De acuerdo con estos criterios se habían planificado, en un primer estudio, las siguientes líneas:

a) Línea 6. — Argüelles-Oporto. Discurre casi en su totalidad por debajo de las rondas, barrio Usera y avenida de Oporto.

b) Línea 7. — Moncloa-San Blas. Su primer tramo, Moncloa-María de Molina, se estableció por la calle de Cea Bermúdez. Desde María de Molina y a través del Parque de las Avenidas y del barrio de la Concepción, se llega hasta la actual estación de Pablonuevo, y desde allí, bajo la calle de Emilio Ferrari, hasta San Blas.

c) Línea 8. — Nudo Norte-plaza Elíptica. Esta línea discurre a lo largo del eje Norte-Sur de Madrid, primero por la avenida del Generalísimo y luego por la Castellana hasta llegar a Atocha para descender desde allí, cruzando el Manzanares, hasta la plaza Elíptica.

d) Línea 9. — Barrio del Pilar-O'Donnell. Desde el barrio del Pilar se llegaba, por la calle Blanco Argibay, hasta la estación de Valdeacederas. Cruzaba la avenida del Generalísimo a la altura de la plaza del Cuzco para luego descender, a lo largo de la calle de General Mola, hasta la estación de Goya y desde allí terminar, por la calle O'Donnell, en las rondas.

e) Línea 10. — Estrecho-Sáinz de Baranda. Desde Estrecho se cruzaba la avenida del Generalísimo a la altura del Estadio Benabéu para descender desde allí, por las calles de Serrano y Velázquez, hasta el Retiro, al que atravesaba para llegar a las rondas por la calle Sáinz de Baranda.

f) Prolongación línea 4. — Diego de León-Alfonso XIII. Desde Diego de León se continúa hasta María de Molina, para alcanzar desde allí la calle de Alfonso XIII, a lo largo de López de Hoyos.

En la figura 1 pueden verse las líneas que constituyen el primitivo Plan de Ampliación.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

De acuerdo con los objetivos que había de cumplir el "metro" en el año 1980, se estableció el estudio de transporte, que había de venir a resolver, en líneas generales, los tres problemas siguientes:

1. Comprobar que las líneas elegidas en el Plan de Ampliación eran las más adecuadas a los fines propuestos.
2. Determinar los niveles de tráfico previsible de forma que fuese posible dimensionar las instalaciones y hacer previsiones económicas sobre la explotación de la red.
3. Establecer un orden de prelación en la construcción de las líneas.

Para cumplir estos objetivos era preciso determinar, tanto la demanda total como la demanda en las "horas punta", en una serie de redes alternativas que permitiesen decidir acerca de la más conveniente.

Dada la limitación de medios económicos y de tiempo, se decidió estudiar especialmente la demanda en las "horas punta" de la mañana y calcular a partir de ella, y mediante los coeficientes adecuados, la demanda diaria total.

Los modelos definitivos que habrían de servir para efectuar las previsiones, se desarrollaron a partir de las condiciones actuales de atracción, generación y distribución de viajes en la red. Posteriormente, y después de efectuar el cambio adecuado en los valores de las variables, fueron utilizados para predecir las características de los viajes futuros y su distribución en una serie de redes: la del Plan de Ampliación y otras que se habían elaborado como alternativas de ésta.

Para ello fueron utilizados dos modelos; el primero, basado en la correlación existente entre el número de viajes y características demográficas y socio-económicas de los distintos barrios de la ciudad, así como en las características de la red actual, sirvió para la previsión de la atracción y generación de viajes en el futuro. El segundo era una forma modificada de un modelo de gravedad, y a partir de él se determinó la distribución de los viajes dentro de diferentes redes, partiendo de la hipótesis de que el número de viajes entre dos estaciones cualesquiera es proporcional a su atracción, a su generación y a una función de su separación, materializada en el tiempo probable de duración del viaje.

El modelo de distribución se utilizó para calcular el número de viajes entre cada par de orígenes y destinos, dados unos determinados valores de atracción y generación de las estaciones. Para convertir estos viajes entre cada par de estaciones en intensidad en una red determinada, fue necesario asignarlas a la citada red, calculando en cada caso el tráfico en las interestaciones para cada dirección de circulación.

Todos estos modelos se calibraron con datos de viajeros, viajes y otras variables del año 1967, haciendo la predicción de estas variables para 1980, año horizonte elegido.

### 3. ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL

El análisis de la situación actual de la estructura urbana de Madrid y de las características de los viajes en "metro", tiene una doble finalidad:

- a) Estimar las variables socio-económicas que habrían de intervenir en los modelos.
- b) Determinar, a partir de los viajes actuales en "metro", los modelos que habrían de permitir la predicción del tráfico en el año 1980.

Las variables estudiadas fueron la población, población activa, puestos de trabajo, nivel de renta y nivel de alquileres. La zonificación elegida para referir estas variables fue la división por barrios del Ayuntamiento. Presentaba la ventaja de que un gran número de aquellas variables están referidas a dichos barrios siendo, por otra parte, adecuado a los fines del estudio el tamaño de las zonas resultantes y la relativa homogeneidad de los parámetros socio-económicos.

Estas variables fueron obtenidas fundamentalmente a partir del Plan General de Ordenación del Area Metropolitana de Madrid, completándose los datos relativos a puestos de empleo con los que figuran en el informe sobre la situación social de Madrid editado por la Fundación FOESSA.

Fue preciso modificar los datos de población del Plan de Ordenación del Area Metropolitana, puesto que la predicción, emitida en 1961, había sido ya superada en el primer quinquenio, puesto que el año 1965 arrojó una población de 2 794 000 habitantes, cuando el Plan había previsto 2 557 000.

De esta forma se realizaron cuatro previsiones con objeto de comparar los resultados. La primera se hizo suponiendo que la población crecería según una progresión geométrica, con una razón o tasa anual de crecimiento del 3,02 (obtenida como media de las tasas de crecimiento producidas desde 1940).

La segunda previsión se obtuvo proyectando las tasas quinquenales de crecimiento durante el período 1940-1965. Dichas tasas siguen una tendencia creciente a partir de 1950 y su media aritmética es 1,162.

La tercera previsión se hizo suponiendo que los incrementos quinquenales de la población de Madrid desde 1940 a 1965 podrían representarse mediante una ecuación lineal que se obtuvo mediante un análisis de regresión.

Finalmente, la cuarta previsión se hizo relacionando la evolución de la población de Madrid con la del total de España, entre las que se encontró un grado de correlación aceptable.

A continuación se reflejan los resultados de la aplicación de cada una de estas cuatro hipótesis (en miles de habitantes):

A ñ o	1.º hipótesis	2.º hipótesis	3.º hipótesis	4.º hipótesis
1970	3 242	3 247	3 371	3 056
1980	4 376	4 384	4 809	3 950
1990	5 882	5 919	6 626	5 077
2000	7 922	7 992	8 801	6 485



Los números resultantes de las tres primeras hipótesis son bastante semejantes, separándose en ellos los obtenidos a partir de la 4.<sup>a</sup>. Por eso se decidió utilizar como cifra definitiva en el estudio la media de las tres primeras hipótesis, prescindiendo de la 4.<sup>a</sup>.

Para la determinación de las características de los viajes en "metro", aspecto esencial de la situación actual, fue necesaria la realización de los siguientes estudios:

- a) Determinación de los orígenes y destinos de cada uno de los viajes realizados en la red de "metro".
- b) Análisis de otras características de los viajes en las "horas punta", tales como: objeto, medios auxiliares de transporte utilizados, origen y destino del viaje total, etc.

La determinación de los orígenes y destinos de los viajes en la red de "metro" se realizó mediante una intervención en la que se controló, por una parte, los billetes vendidos de hora en hora en las taquillas de las estaciones y, por otra, se recogieron en los puntos de destino de los viajes los billetes utilizados para ellos que eran depositados por los viajeros en las papeleras ubicadas a la salida de las estaciones.

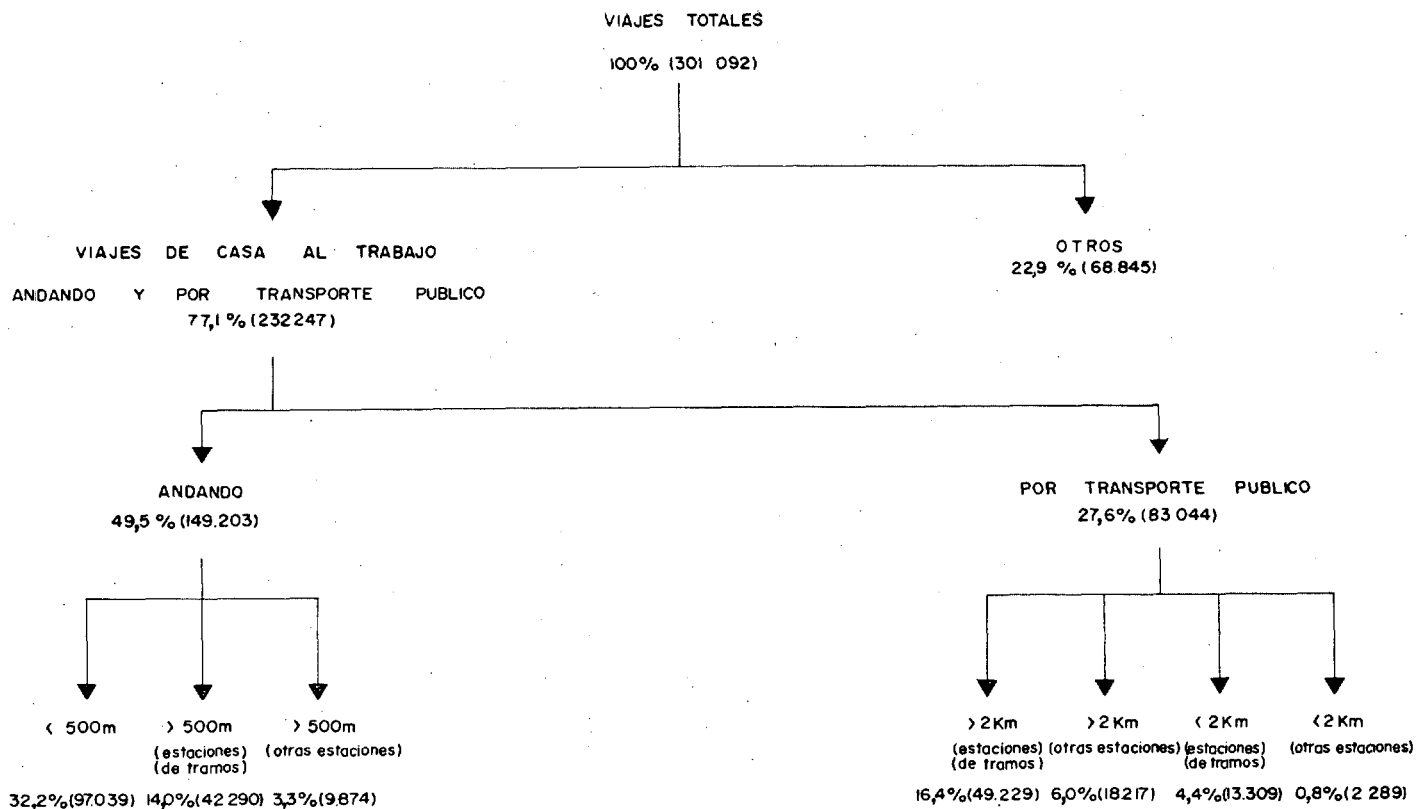
Estos billetes arrojados a las papeleras suponían sólo una parte del total de billetes comprados, puesto que un porcentaje importante de viajeros guardan su billete sin entregarlo a la salida o lo tiran fuera del recinto de la estación. Para corregir este error, se contaron los viajeros de salida por cada una de las estaciones a lo largo del día, de forma que pudiesen calcularse los coeficientes de expansión que, en función de los billetes recogidos, permitiesen determinar los viajeros realmente salidos y con ello la tabla de origen y destino de todos los viajes realizados en el "metro" en ese día.

Para la clasificación de los billetes fue necesario un equipo de 70 personas que trabajó durante quince jornadas laborales.

La segunda parte de la investigación directa de las características de los viajes consistió en una serie de encuestas directas realizadas a los viajeros en las estaciones. Estas encuestas se realizaron entre las 6,30 y las 9,30 de la mañana y las 18,30 y 19,30 de la tarde, es decir, en los máximos "períodos punta" de ida y vuelta al trabajo. El número de encuestas realizadas fue de 61 605.

Las preguntas realizadas permitieron la determinación de los siguientes puntos: clasificación de los viajes según su objeto, zonas de influencia de las estaciones y medios auxiliares de transporte utilizados.

Como base para la determinación de los modelos, se decidió tomar los viajes al trabajo realizados en el "período punta" de la mañana, que supone un 77,1 por 100 con relación al número total de viajes realizados en dicho período. De ellos, el 49,5 por 100 de los viajeros llegaban andando hasta la estación de "metro", mientras que el 27,6 por 100 lo hacían por un medio auxiliar de transporte. Estos detalles, así como las distancias de procedencia de los viajeros, se han recogido en la figura 2.



NOTA: Las cifras subrayadas representan los viajes no considerados en el análisis de regresión.

Fig. 2. — Distribución de la generación de los viajes por sus objetos y medios de transporte utilizados, 6,30-9,30.

#### 4. GENERACION Y ATRACCION DE VIAJES

Para la determinación de la generación y atracción de viajes en cada una de las estaciones, se estableció un modelo de la forma:

$$G_i \text{ ó } A_j = K \cdot X^a \cdot Y^b \cdot Z^c \dots$$

siendo:

- $G_i$  = viajes generados en la estación  $i$ .
- $A_j$  = viajes atraídos por la estación  $j$ .
- $X, Y, Z$  = variables del modelo.
- $a, b, c$  = parámetros del modelo.

Su predicción se basó en la relación que actualmente existe entre el número de viajeros, estructura demográfica y socio-económica en las zonas de influencia de la red y naturaleza de los viajes.

El modelo se construyó por medio de una serie de análisis de regresión múltiple que relacionaron el número de viajes generados o atraídos con los valores de

las variables descriptivas de las características del tráfico. Ello dio como resultado una relación que expresaba la generación o atracción de cada estación en función de las variables independientes que mejor habían ajustado las fórmulas de correlación, afectadas por determinados parámetros y constantes.

El objeto del viaje tiene influencia importante en el grado de generación y atracción, pero como la predicción está basada exclusivamente en los viajes de casa al trabajo, no fue necesario generalizar el modelo para considerar los efectos producidos por distintas clases de viajes.

La zona de influencia de las estaciones se dividió en tres zonas concéntricas (0-500 m., 500-2 000 m. y mayor de 2 000 m.), esta última con viajeros procedentes del transporte de superficie, algunas de cuyas líneas alimentan ciertas estaciones del "metro", principalmente las más cercanas a la zona periférica.

### Generación.

La primera variable analizada fue la población activa, ya que lógicamente debía ser un factor esencial en la generación de los viajes de trabajo. Se utilizaron dos tipos de ecuaciones: una logarítmica y otra semilogarítmica, obteniéndose en ambos casos los siguientes resultados para cada una de las zonas:

$$\text{Fórmula logarítmica: } \log G = K + A \log P_a.$$

Distancia	K	A	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	3,42	0,36	0,24
250-500 metros .....	1,64	0,60	0,43
0-500 metros .....	1,44	0,64	0,33
Más de 2 000 metros .....	— 3,09	1,11	0,93

$$\text{Fórmula semilogarítmica: } G' = K + A \log P_a.$$

Distancia	K	A	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	— 701	184	0,18
250-500 metros .....	— 2 377	409	0,31
0-500 metros .....	— 3 692	612	0,20
Más de 2 000 metros .....	— 21 980	2 580	0,74

Se observa que con la primera fórmula se obtienen coeficientes más aceptables que con la segunda, pero en cualquier caso éstos son poco significativos, excepto para la zona correspondiente a más de 2 000, donde el coeficiente de correlación es muy bueno.

El siguiente paso consistió en añadir a las ecuaciones anteriores un índice del

nivel de renta, obtenido a partir de los alquileres pagados por las viviendas en cada una de las zonas. Se analizaron los mismos tipos de ecuaciones que en el caso anterior, y los resultados fueron los siguientes:

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log R$ .

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	6,65	0,74	— 0,86	0,71
250-500 metros .....	8,50	0,43	— 0,75	0,72
Más de 2 000 metros .....	3,47	1,02	— 0,09	0,96

Fórmula semilogarítmica:  $G' = K + A \log P_a + B \log R$ .

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	1 264	411	— 525	0,67
250-500 metros .....	4 089	251	— 708	0,67
Más de 2 000 metros .....	— 21 955	2 580	— 4	0,74

Se sigue observando que la primera fórmula es más satisfactoria, al dar unos coeficientes de correlación más elevados que la segunda. La introducción del nivel de renta eleva el coeficiente de correlación, principalmente en la zona 0-500 metros, donde las diferencias socio-económicas entre las diferentes zonas son más acusadas. En la periferia su influencia es menor, al pertenecer todos los barrios periféricos afectados a niveles socio-económicos muy parecidos. Como era de esperar, el factor de renta interviene con un coeficiente negativo, ya que el número de viajes en "metro" ha de variar en sentido contrario a la capacidad económica del viajero, al menos en el momento presente.

El siguiente tanteo consistió en estudiar el efecto del nivel de motorización, juntamente con la población activa; es decir, se sustituye en las ecuaciones anteriores el nivel de renta por el nivel de motorización, obteniéndose los siguientes resultados:

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log V$ .

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	1,67	0,97	— 0,54	0,61
250-500 metros .....	2,58	0,87	— 0,52	0,69
Más de 2 000 metros .....	— 0,29	0,75	+ 0,12	0,82

Fórmula semilogarítmica:  $G' = K + A \log P_a + B \log V$ .

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	- 1 861	583	- 361	0,62
250-500 metros .....	- 1 415	680	- 537	0,68
Más de 2 000 metros .....	37 918	2 676	- 9 797	0,74

Aunque la introducción del factor "nivel de motorización", juntamente con la población activa, elevaba el coeficiente de correlación con respecto al obtenido cuando únicamente se había utilizado ésta, lo hacía de forma mucho menos sensible que al utilizar el nivel de renta juntamente con la población activa. Por otra parte, era lógico suponer *a priori* que el efecto de ese factor, al igual que el del nivel de renta, habría de ser negativo, puesto que las zonas con más densidad de vehículos particulares deben de utilizar el "metro" en menor proporción; y esto sucede así en todos los casos, excepto en la zona de más de 2 000 metros de la primera fórmula, donde se observa que el coeficiente de B es positivo; como los datos de que disponíamos sobre el parque de vehículos y su distribución no merecían demasiadas garantías, ante estos resultados comprobamos que debía de haber errores importantes, sobre todo en los barrios periféricos. Por todo esto preferimos excluir este factor, confiando la repercusión del mismo al nivel de renta.

Una vez analizados estos factores, que podríamos llamar externos, pasamos a analizar otros factores internos, es decir, dependientes de la propia red de "metro".

El primer factor interno que estudiamos fue el grado de saturación. Era lógico pensar *a priori* que cuanto más cargado fuese el tren al llegar a una estación determinada y, por tanto, más difícil fuese entrar en el mismo en esa estación, menor sería, a igualdad de los demás factores, el número de personas que utilizarían el "metro". El factor de saturación se obtuvo como la relación entre el número de personas que llegaban a una estación y la capacidad máxima de los trenes. Este factor se estudió en primer lugar combinándolo con la población activa y, posteriormente, con la población activa y el nivel de renta. Como su influencia se había de manifestar principalmente en las estaciones centrales, se prescindió del análisis de la zona de más de 2 000 metros, ya que la mayor parte de los viajeros procedentes de ésta entra en las estaciones de cabecera. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log S$ .

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	4,14	0,30	0,24	0,28
250-500 metros .....	1,74	0,61	0,22	0,45

Fórmula semilogarítmica:  $G' = K + A \log P_a + B \log S$ .

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	89	130	203	0,27
250-500 metros .....	- 2 291	418	184	0,34

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log R + C \log S$ .

Distancia	K	A	B	C	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	7,65	0,66	- 0,88	0,31	0,73

Fórmula semilogarítmica:  $G' = K + A \log P_a + B \log R + C \log S$ .

Distancia	K	A	B	C	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	2 062	351	- 538	249	0,72

Los resultados fueron en cierto modo sorprendentes. Cuanto mayor era la saturación mayor era el número de viajes generados (puesto que los coeficientes que afectaban al factor de saturación eran positivos). Es decir, que el resultado obtenido fue contrario a la hipótesis que en principio habíamos hecho. Analizando más detenidamente este fenómeno, lo que realmente ocurre no es que entren más personas cuanto mayor sea el grado de saturación, sino que, a pesar de la saturación de las líneas de "metro", los viajeros siguen inclinándose por él, debido a las dificultades del transporte de superficie. Y dada la forma radial de la red de "metro", coincide el aumento de viajeros y el aumento de saturación. Posiblemente los resultados obtenidos hubiesen sido otros si se hubiese analizado el tráfico en otras horas, o a lo largo del día. Pero en las horas que se hizo los viajeros que se dirigen a su trabajo prefieren la rapidez y seguridad del horario del "metro" a la comodidad.

Era también lógico pensar que la accesibilidad de cada estación (entendiendo por accesibilidad de una estación el número de estaciones que desde aquella podían alcanzarse en un período determinado de tiempo), había de influir sobre la generación de modo que al aumentar aquella aumentase ésta. Los estudios preliminares sobre este factor se hicieron combinándolo con la población activa. Sobre la accesibilidad se analizaron diversas hipótesis, considerando tiempos de 10, 15 y 20 minutos, así como 13,5, que era el tiempo medio del viaje en la red actual de "metro". Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

$$\text{Fórmula logarítmica: } \log G = K + A \log P_a + B \log A_c.$$

Distancia	Tiempo	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 m.	10 m.	-0,46	1,22	-1,18	0,58
0-250 m.	13,5 m.	0,59	1,21	-1,30	0,63
0-250 m.	15 m.	1,12	1,20	-1,38	0,63
0-250 m.	20 m.	5,13	0,94	-1,75	0,55
250-500 m.	13,5 m.	5,23	0,45	-0,75	0,61
250-500 m.	15 m.	5,43	0,47	-0,81	0,62

$$\text{Fórmula semilogarítmica: } G' = K + A \log P_a + B \log A_c.$$

Distancia	Tiempo	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 m.	10 m.	-2 939	677	-681	0,52
0-250 m.	13,5 m.	-2 323	666	-742	0,57
0-250 m.	15 m.	-2 059	676	-813	0,58
0-250 m.	20 m.	324	529	-1 049	0,51
250-500 m.	13,5 m.	1 322	256	-769	0,58
250-500 m.	15 m.	1 661	268	-866	0,60

De la misma forma que en el caso anterior, los resultados obtenidos fueron contrarios a la hipótesis de partida: el coeficiente del factor accesibilidad resultó ser negativo, lo que quería indicar que cuanto mayor era éste menor era el número de viajes generados. También hay que acudir, como antes, a la forma de la red para explicar este hecho: las estaciones con una accesibilidad mayor coinciden con las zonas en las que predominan los puestos de empleo; son, por lo tanto, destino y no origen de los viajes en esas horas. Por otra parte, la mayor accesibilidad del "metro" coincide con el mejor servicio de los transportes de superficie; estos dos factores desfiguran el efecto de la accesibilidad, aunque, como hemos dicho al comentar los resultados de la saturación, es muy probable que los resultados hubieran sido distintos si se hubiera analizado el tráfico fuera de las horas de punta. Por otra parte, no hay que perder de vista que los coeficientes de correlación obtenidos con este factor eran inferiores a los obtenidos con el nivel de renta, y los obtenidos al añadir el factor de saturación a la población activa y el nivel de renta apenas eran superiores a los obtenidos con estos dos últimos factores únicamente.

Intentando, de alguna forma, introducir en las fórmulas el factor accesibilidad, pues parecía un factor muy importante para la generación de viajes, se hicieron nuevas hipótesis sobre el mismo. A partir de aquí se utilizaron las fórmulas logarítmicas, con las que los resultados obtenidos habían sido siempre superiores a los de las semilogarítmicas.

En primer lugar se modificaron los intervalos que definían la accesibilidad. En vez de comenzar a contarlos a partir de 0 minutos se comenzó a partir de 4, lo que parecía más significativo, puesto que son muy escasos los viajes con una duración menor de cuatro minutos. El factor accesibilidad, definido de esta forma, se combinó con la población activa más el nivel de renta, obteniéndose los siguientes resultados:

$$\text{Fórmula logarítmica: } \log G = K + A \log P_a + B \log A_c.$$

Distancia	Tiempo	K	A	B	Coefficiente correlación
0-500 m.	4-10 m.	-0,90	0,95	-0,48	0,68
0-500 m.	4-15 m.	0,70	0,98	-0,70	0,72
0-500 m.	4-20 m.	2,79	0,96	-1,16	0,70

$$\text{Fórmula logarítmica: } \log G = K + a \log P_a + B \log R + C \log A_c.$$

Distancia	Tiempo	K	A	B	C	Coefficiente correlación
0-500 m.	4-10 m.	4,79	0,79	-0,61	-0,03	0,77
0-500 m.	4-15 m.	4,34	0,82	-0,50	-0,26	0,78
0-500 m.	4-20 m.	5,31	0,80	-0,53	-0,39	0,78

Se observa cómo el fenómeno contrario a la hipótesis se mantiene, así como una elevación de los coeficientes de correlación.

Se intentó expresar la accesibilidad de otra manera, como el número de puestos de trabajo que pueden alcanzarse desde una estación dada en determinados períodos de tiempo, es decir, este análisis era similar a los anteriores pero sustituyendo cada estación por el número de puestos de trabajo comprendido en un círculo de 500 metros con centro en ella.

$$\text{Fórmula logarítmica: } \log G = K + A \log P_a + B \log E.$$

Distancia	Tiempo	K	A	B	Coefficiente correlación
0-500 m.	0,5-10 m.	0,67	0,95	-0,37	0,63
0-500 m.	0,5-15 m.	2,45	0,97	-0,67	0,68
0-500 m.	0,5-20 m.	6,22	0,96	-1,22	0,68

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log E$ .

Distancia	Tiempo	K	A	B	Coefficiente correlación
0-500 m.	4-10 m.	0,66	0,95	- 0,39	0,65
0-500 m.	4-15 m.	2,66	0,98	- 0,74	0,71
0-500 m.	4-20 m.	7,67	0,99	- 1,51	0,71

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log R + C \log E$ .

Distancia	Tiempo	K	A	B	E	Coefficiente correlación
0-500 m.	0,5-10 m.	4,90	0,77	- 0,71	0,12	0,78
0-500 m.	0,5-15 m.	5,01	0,79	- 0,60	- 0,08	0,77

Distancia	Tiempo	K	A	B	E	Coefficiente correlación
0-500 m.	0,5-20 m.	5,64	0,79	- 0,59	- 0,18	0,77
0-500 m.	4-10 m.	4,94	0,78	- 0,66	- 0,04	0,77
0-500 m.	4-15 m.	5,10	0,81	- 0,53	- 0,21	0,78
0-500 m.	4-20 m.	7,25	0,82	- 0,51	- 0,60	0,78

El resultado siguió siendo el mismo: la accesibilidad definida de esta manera actuaba también en sentido contrario a como lógicamente debía de suceder.

Por último se ensayó una nueva fórmula en la que se consideraban las líneas de autobuses. El factor de servicio por transporte de superficie se definió con el número de líneas de autobuses de la Empresa Municipal de Transportes que atravesaban un círculo de 500 metros con centro en cada estación.

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log T_s$ .

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-500 m.	- 1,03	0,02	- 0,13	0,57

Fórmula logarítmica:  $\log G = K + A \log P_a + B \log R + C \log T_s$ .

Distancia	K	A	B	C	Coefficiente correlación
0-500 m.	5,09	0,79	- 0,63	- 0,04	0,77

Los resultados no cambiaron: el coeficiente que afectaba al factor accesibilidad seguía siendo negativo.

En vista de ello se optó por prescindir de este factor, así como del de saturación y considerar únicamente la población activa y el nivel de renta. Se perfeccionaron los datos de partida, repitiendo los cálculos e incluyendo la zona 500-2 000 metros, y finalmente la fórmula que se ha adoptado como más adecuada para la generación de viajes ha sido la siguiente:

$$\text{Fórmula logarítmica: } \log G = K + A \log P_a + B \log R.$$

Distancia	K	A	B	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	3,85	0,95	— 0,71	0,73
250-500 metros .....	7,49	0,48	— 0,67	0,76
0-500 metros .....	4,91	0,78	— 0,64	0,77
500-2 000 metros .....	— 10,76	1,82	— 0,09	0,93
Más de 2 000 metros .....	3,53	0,95	— 0,86	0,97

Los coeficientes de correlación obtenidos son perfectamente aceptables y entre ellos destacan los correspondientes a las zonas 500-2 000 metros y más de 2 000 metros muy próximos a la ciudad.

#### Atracción.

El primer ensayo realizado consistió en relacionar el número de viajes atraídos por una zona con el número de puestos de trabajo existentes en ella, obteniéndose los siguientes resultados:

$$\text{Fórmula logarítmica: } \log A = K + a \log P T.$$

Distancia	K	a	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	2,41	0,56	0,57
250-500 metros .....	3,00	0,48	0,41
0-500 metros .....	2,07	0,63	0,52
Más de 2 000 metros .....	3,45	0,34	0,43

$$\text{Fórmula semilogarítmica: } A' = K + a \log P T.$$

Distancia	A	a	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	— 7 585	1 088	0,57
250-500 metros .....	— 4 722	723	0,42
0-500 metros .....	— 16 204	2 089	0,51
Más de 2 000 metros .....	— 1 243	244	0,36

A continuación se incluyó una nueva variable: el grado de saturación. Fue definido como en el caso de la generación, contando aquí el número de viajeros antes de llegar a la estación en cuestión. Los resultados, calculados únicamente para la zona 0-250 m., se exponen a continuación:

Fórmula logarítmica:  $\log A = K + a \log P T + b \log S$ .

Distancia	K	a	b	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	2,83	0,53	0,14	0,63

Fórmula semilogarítmica:  $A' = K + a \log P T + b \log S$ .

Distancia	K	a	b	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	- 7 073	1 043	176	0,59

Estos resultados mejoran ligeramente los obtenidos con la primera hipótesis. Pero al haberse prescindido del grado de saturación en el estudio de la generación se decidió hacer aquí lo mismo, ya que al no ser significativo en la generación debido a la contextura de la red no era lógico pensar que lo fuese en la atracción para la misma red.

A continuación se comprobó una nueva variable: el grado de accesibilidad, siendo rechazada por las mismas razones que expusimos al estudiar la generación.

Al no ser satisfactorios ninguno de los resultados obtenidos y no ser fácil encontrar variables que pudiesen reflejar la atracción de viajes, se decidió repetir los cálculos realizados utilizando como única variable la población activa, pero volviendo a realizar con más cuidado la distribución de ésta en los diferentes barrios y zonas en que había sido dividida la ciudad para el estudio. Los resultados obtenidos mediante este ajuste fueron los siguientes

Fórmula logarítmica:  $\log A = K + a \log P T$ .

Distancia	K	A	Coefficiente correlación
0-250 metros .....	2,21	0,58	0,67
250-500 metros .....	2,77	0,50	0,53
0-500 metros .....	1,98	0,63	0,64
500-2 000 metros .....	- 8,15	1,53	0,82
Más de 2 000 metros .....	0,78	0,66	0,78

Considerando que los coeficientes de correlación obtenidos entraban dentro de límites aceptables, estas fórmulas fueron adoptadas como expresivas de la atracción de viajes.

Resumiendo, las fórmulas obtenidas de estos estudios fueron las siguientes

$$G_i = 230 \frac{P A_1^{0,782}}{N_1^{0,632}} + 2,75 \times 10^{-5} \frac{P A_2^{1,824}}{N_2^{0,089}} + \frac{P A_3^{0,985}}{N_3^{0,856}}$$

$$A_j = 11,7 P T_1^{0,628} + 3,77 \cdot 10^{-4} P T_2^{1,227} + 2,86 P T_3^{0,661}$$

## 5. MODELO DE DISTRIBUCION

Este modelo sirve para determinar el número de viajes desde cada estación a cada una de las restantes de la red. Está basado en la hipótesis de que el número de viajes atraídos a cada estación desde cualquier otra, es directamente proporcional al total de viajes atraídos a la estación de destino e inversamente proporcional a una función de la duración del viaje entre las dos estaciones.

En principio, la función del tiempo adoptada fue el cuadrado de la duración del viaje, obteniéndose el llamado modelo de gravedad.

$$V_{ij} = k G_i A_j / (t_{ij})^2$$

Esta fórmula se modificó posteriormente, de manera que el exponente del tiempo fuese variable y se determinó por medio de una curva en escala doble logarítmica de abscisas  $t_{ij}$  y ordenadas  $V_{ij}$ .

$$V_{ij} = k G_i A_j / (t_{ij})^x$$

Finalmente, la forma de la función se varió con el único criterio de que la curva tuviese una forma análoga a la empleada en otros cálculos parecidos, a expensas de llegar a una mayor aproximación mediante iteraciones sucesivas que luego aclararemos.

$$V_{ij} = k G_i A_j F(t_{ij})$$

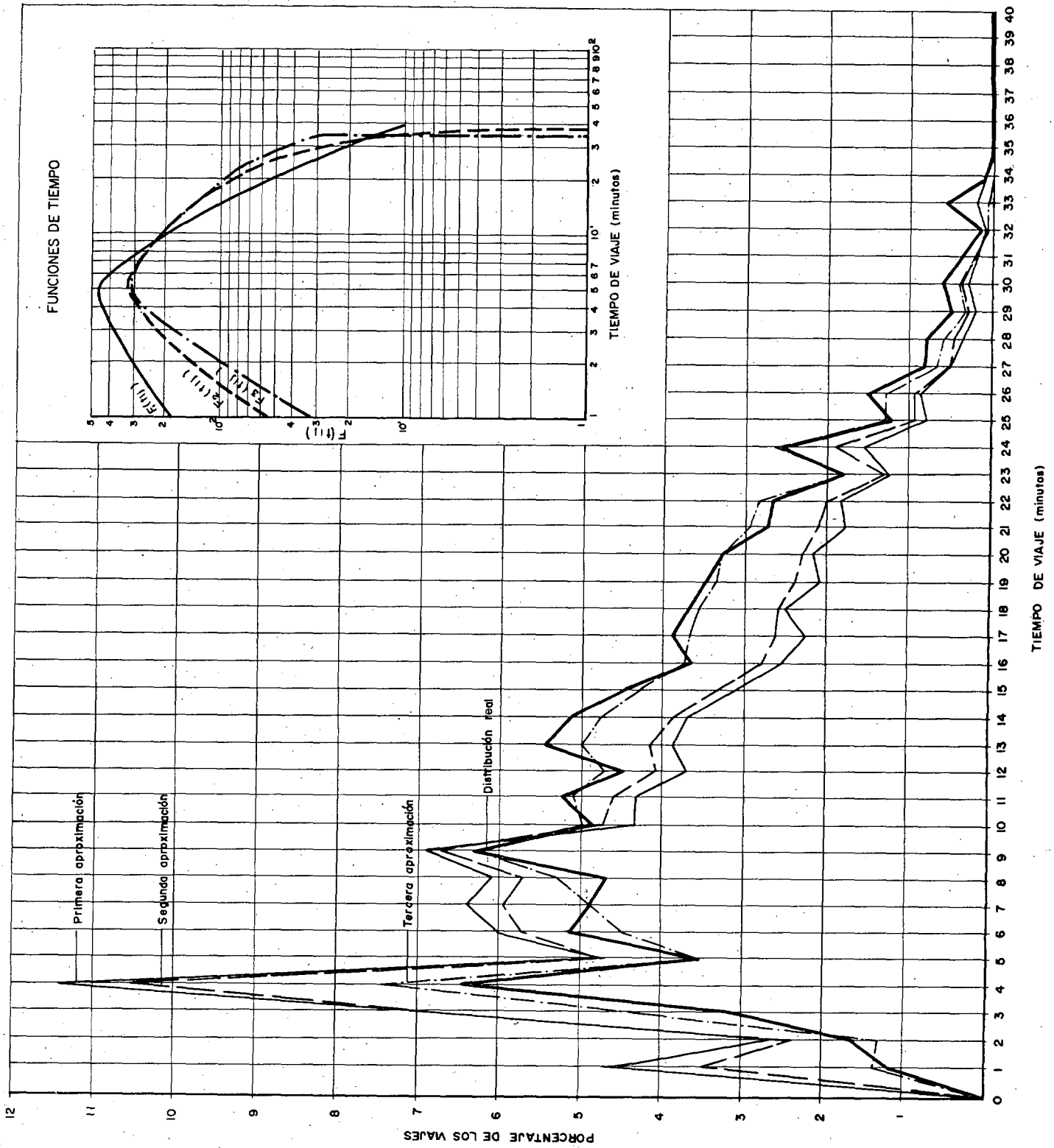
Esta fue la forma adoptada en el estudio.

"k" es un parámetro de ajuste que viene determinado por la condición de que la generación calculada, suma de los viajes de la estación  $i$ , sea igual a la generación real de cada estación.

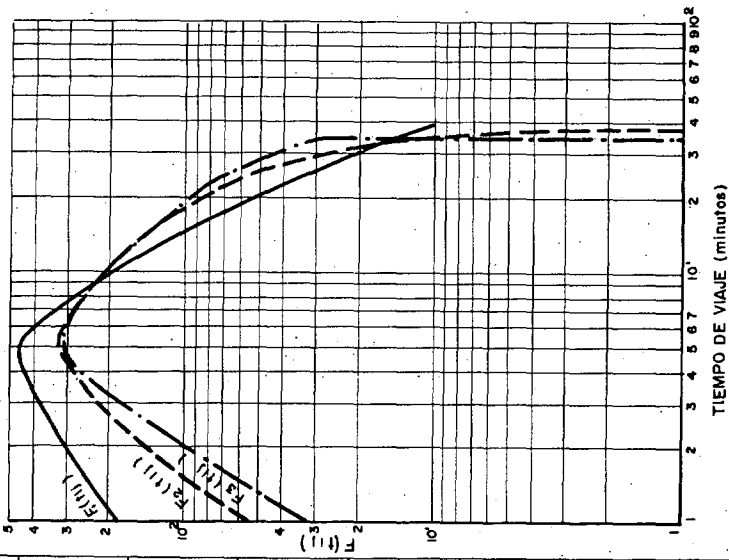
$$G_i = \sum_{j=1}^n V_{ij} = k G_i \sum_{j=1}^n A_j F(t_{ij})$$

de donde:

$$k = \frac{1}{\sum_{j=1}^n A_j F(t_{ij})}$$



FUNCIONES DE TIEMPO



De hecho, "k" no toma ningún valor determinado, pero permite adoptar el valor resultante de iteraciones sucesivas, aplicando en primer lugar la condición citada y posteriormente la de que la atracción calculada, suma de los viajes a la estación  $j$ , sea igual a la atracción real de cada estación. Se iteró repetidamente hasta obtener el grado deseado de aproximación entre las generaciones y atracciones calculadas y las reales (véase fig. 3).

La forma de la curva  $F(t_{ij})$  se obtiene por aproximaciones sucesivas entre las curvas calculada y real de la distribución de la duración de todos los viajes de la red.

Cuando el número de viajes no disminuye uniformemente en función del tiempo de viaje, sino que se eleva a un máximo antes de descender, como en un sistema de transporte público, es imprescindible emplear este método.

Aunque este método permite gran libertad en la elección de  $F(t_{ij})$ , lleva consigo la utilización de programas de asignación de tráfico para obtener las curvas de distribución de la duración de los viajes en cada tentativa y requiere, por tanto, la utilización de un ordenador electrónico.

#### *Determinación de $F(t_{ij})$ .*

Las etapas de esta fase del estudio fueron las siguientes:

a) Determinación de la distribución de la duración real de los viajes en la red durante el "período punta" de la mañana utilizando la tabla de origen y destino obtenida a partir de la clasificación de los billetes.

b) Elección de una forma arbitraria para  $F_1(t_{ij})$ , cálculo de una tabla de origen y destino utilizando la curva arbitraria para determinar cada valor  $V_{ij}$ , asignación de la citada tabla a la red actual y obtención de una nueva curva de la distribución de la duración de los viajes.

c) Ajuste de  $F_1(t_{ij})$ , reduciendo los valores de  $F$  por la relación entre el número de viajes de la nueva curva de distribución y los de la curva representativa del tráfico actual, para cada valor de la abscisa "t".

d) Ajuste de una curva suave entre los nuevos valores calculados para  $F$ , tomándola como forma revisada:  $F_2(t_{ij})$ .

e) Repetición de las fases (b), (c) y (d) hasta que las diferencias entre las distribuciones de la duración de los viajes estén dentro de un margen satisfactorio.

Fue necesario revisar la forma de  $F_2(t_{ij})$  una vez más, para conseguir el resultado deseado. La figura 3 muestra la distribución real de la duración de los viajes, y las tres distribuciones teóricas, así como las diferentes curvas representativas de los valores de  $F(t_{ij})$ .

Se supuso que esta función era una característica de los viajes en "metro" y que continuaría siéndolo en el futuro al que se extiende la previsión del estudio.

## 6. PREVISION DEL TRAFICO FUTURO

Para poder aplicar las fórmulas obtenidas en los estudios anteriores al cálculo del tráfico en las horas punta del año 1980, fue preciso la adopción de los siguientes supuestos:

a) La relación establecida entre el tráfico y las otras variables del modelo se mantendría en el futuro.

b) El patrón general de los viajes, en cuanto a longitud y distribución, continuaría siendo el mismo.

c) El transporte público de superficie se desarrollaría en las áreas exteriores de forma suficiente para alimentar adecuadamente la demanda de viajes en "metro".

d) El transporte público de superficie llevaría sus viajeros a las estaciones de enlace consideradas.

e) El "período punta" de la mañana continuaría estando repartido entre tres horas y el tráfico en la hora más congestionada de éstas continuaría siendo el 38 por 100 del total, como en la actualidad.

f) No ocurrirían cambios notables en los hábitos del tráfico debido a que la congestión de la circulación de superficie no permitiría un aumento significativo del porcentaje de viajeros en vehículos privados o en el transporte público de superficie.

Después de un cuidadoso estudio se decidió que estas hipótesis eran razonables y que no era probable que hubiese grandes variaciones hasta el año 1980. Las estimaciones del tráfico en el "período punta", basadas en los supuestos citados anteriormente, pueden tomarse, por lo tanto, como punto de partida para el planteamiento futuro.

Para este estudio se utilizó un programa, mediante el cual introduciendo los valores de las variables independientes como datos, el ordenador calculaba la generación, atracción y distribución de viajes, así como la asignación de los mismos a los diferentes itinerarios posibles.

Para hacer la asignación fue preciso estimar los tiempos de viaje en las diferentes líneas, así como los tiempos de correspondencia, lo que se hizo suponiendo una velocidad comercial de 28 Km./h. para los trenes que circularan por las líneas nuevas y de 24 Km./h. para los trenes que circularan por las líneas actuales.

Este programa se aplicó en primer lugar a una red reticulada que cubría completamente el ámbito del estudio. Esta asignación se hizo solamente bajo un punto de vista informativo de los deseos generales de los usuarios dentro del ámbito del estudio. Esta red tenía 151 Km.

Fue relativamente fácil elegir una segunda red cuyo trazado seguiría las líneas más cargadas de la red anterior, prescindiendo de las de menor tráfico. El resultado de esta elección fue la red reticular modificada, que sólo tenía 115 Km. de líneas, es decir, un 25 por 100 de reducción respecto a la red reticular.

La red reticular modificada fue la primera red probada en la cual las líneas estaban relacionadas con los deseos de los usuarios.

Se obtuvo una asignación mucho más uniforme, aunque algunos tramos permanecieron sensiblemente más cargados que otros. Las más cargadas eran, en general, las prolongaciones de las líneas básicas desde el núcleo central de la ciudad hacia zonas externas, hecho que produjo aglomeraciones de tráfico en ciertos puntos. Las líneas menos cargadas reflejaron un aparente exceso de facilidad de transporte en algunas áreas.

Esta excesiva capacidad se mostró también en la asignación a la red del Plan de Ampliación, en la cual la línea X y los tramos terminales de las líneas VI y VII en el oeste estaban poco cargados.

Después de analizar las asignaciones hechas a la red del Plan y a la reticular modificada, se observó que sin más pruebas, se podían sacar ciertas conclusiones.

En primer lugar, se observó que la densidad de las líneas propuestas, dentro del casco urbano, era tan alta que proporcionaría un servicio amplio en el año 1980. En la red del Plan el 43 por 100 de los tramos alcanzó un tráfico mayor del 20 por 100 de su capacidad y solamente un 18 por 100 superó el 30 por 100 en una u otra dirección, durante el "período punta" de la mañana, mientras que en la red reticular modificada, algo mayor, sólo un 30 y un 12 por 100 de los tramos, respectivamente, alcanzaron esos niveles.

Por lo tanto, se decidió preparar y probar una red, derivada de la red del Plan, con algunos cambios de trazado para conseguir un nivel de utilización mejor.

Al mismo tiempo se tuvo la oportunidad de examinar los efectos producidos por la desviación de la línea VIII, a partir de Atocha hacia Entrevías-Palomeras, con el fin de descargar la línea I, y también, la posibilidad de proporcionar servicio directo al barrio de Moratalaz mediante la prolongación de la línea 9, desde Sáinz de Baranda.

En la figura 4 se presentan los resultados de la asignación a la red del Plan de Ampliación modificada. Con respecto al uso de las líneas, se vio claramente que este trazado era mejor que el del Plan, observándose que tenía más viajeros por kilómetro y por estación, no quedando ninguna nueva línea con poco tráfico. Empleando el mismo método de comprobación utilizado anteriormente, se vio que el 56 por 100 de los tramos alcanzó más del 20 por 100 de su capacidad, y un 19 por 100 superó el 30 por 100, en una u otra dirección durante el período punta, lo que, considerándose una utilización aceptable, deja un amplio margen para el futuro.

De los terminales fuera del casco central que sirven a los barrios del Pilar, Moratalaz y Vallecas y a la estación de Chamartín, solamente el de Palomeras alcanza los 20 000 viajeros en el período punta.

Se consideró que sería posible prestar un servicio más económico a un número de viajeros por debajo de este nivel empleando transporte público de superficie, siempre que la red viaria disponible fuese razonable. Por lo tanto, basándose en el tráfico del "metro" solamente puede justificarse uno de los tramos.

Pero en el caso de que las calles que enlazan los barrios del Pilar y Moratalaz al resto de la ciudad fuesen consideradas insuficientes se podría, sin embargo, justificar la construcción de los citados tramos por falta de otras soluciones factibles.

La utilidad de la prolongación a la estación de Chamartín depende del enlace con los transportes públicos de superficie.

Si el enlace con el sector norte de la periferia de la ciudad fuese en plaza de Castilla, como ocurre actualmente, podrían existir dudas sobre su necesidad. Si, por el contrario, se adoptase la política de crear un enlace en Chamartín, la prolongación queda justificada ampliamente. En este caso serían imprescindibles mejoras en la red viaria de la zona, que por otra parte han de hacerse si se tiene en cuenta que frente a la estación del ferrocarril existirá una importante estación de autobuses interurbanos.

## 7. DETERMINACION DEL TRAFICO TOTAL

El estudio tal y como queda expresado hasta ahora, sirve para la determinación del tráfico en la "hora punta" de año horizonte. Queda, por lo tanto, para cubrir los objetivos de éste la determinación del tráfico diario total. Dicho tráfico se deter-

# RED DEL PLAN DE AMPLIACION MODIFICADA

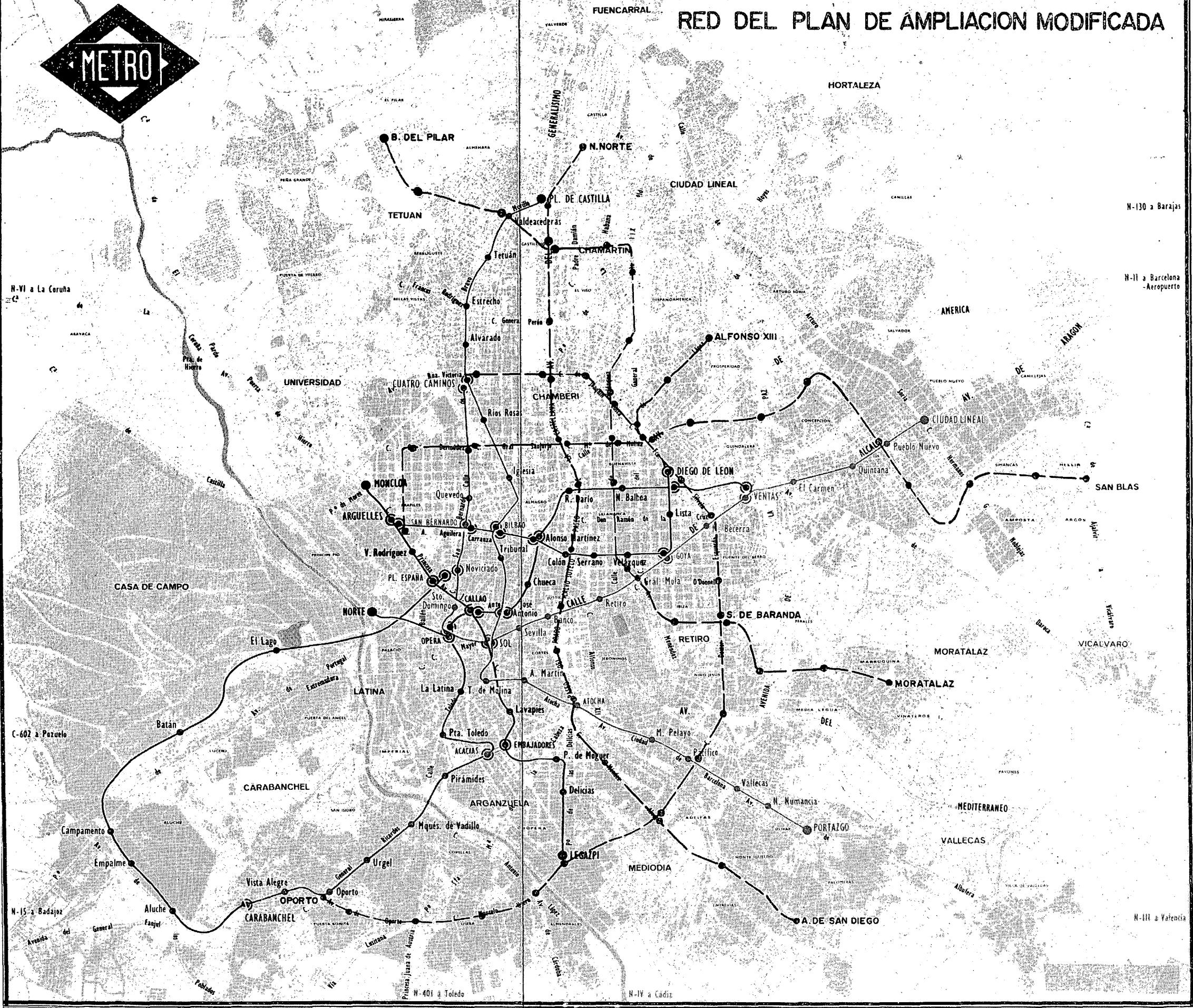


Figura 5.

N-130 a Barajas

N-II a Barcelona -Aeropuerto

N-III a Valencia

N-VI a La Coruña

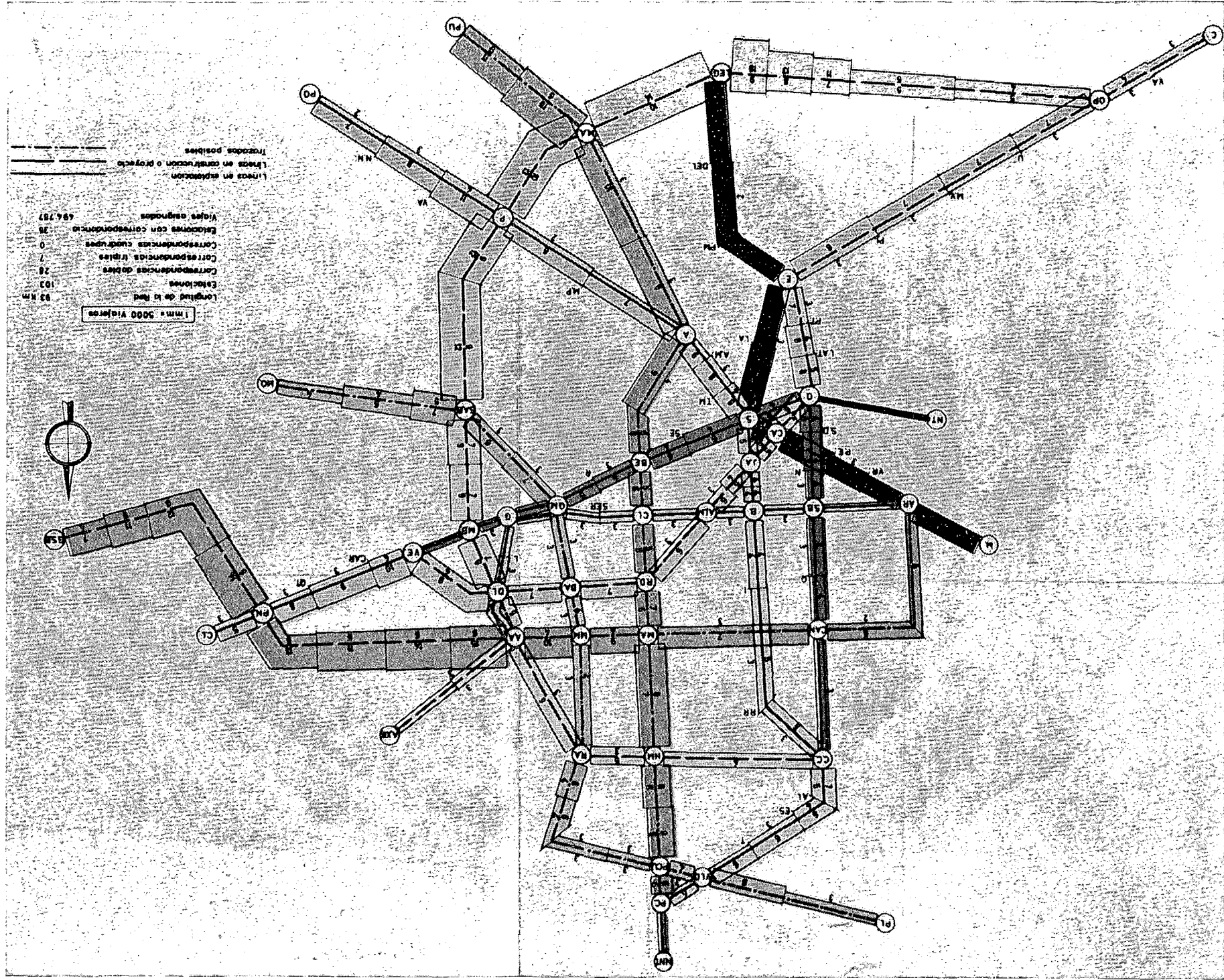
C-602 a Pozuelo

N-15 a Badajoz

N-401 a Toledo

N-IV a Cádiz

Fig. 4. — Asignación a la red del plan de Ampliación Modificado 1980. Intensidades (6,30-9,30).



minó multiplicando el tráfico de trabajo en el período 6,30-9,30 por un coeficiente de expansión calculado a partir de los datos actuales. De esta forma se obtuvieron las siguientes expresiones:

$$G_i (\text{total}) = K_g G_i (6,30 - 9,30)$$

$$A_i (\text{total}) = K_A A_i (6,30 - 9,30)$$

Los factores  $K_g$  y  $K_A$  para las nuevas estaciones se determinaron analizando las zonas de ubicación de las estaciones de una forma puramente cualitativa y de comparación con otras análogas. Para ello se dividieron las estaciones de la red en explotación en cuatro categorías: laboral, comercial, residencial y equilibrada; para cada una de ellas se obtuvo un coeficiente de expansión medio que se aplicó a las nuevas estaciones según perteneciese a una u otra de estas categorías.

Estos coeficientes que fueron empleados en el estudio de tráfico, son:

$$\text{(Generación)} \quad K_l = 10,52; K_r = 2,66; K_c = 4,54; K_e = 4,54.$$

$$\text{(Atracción)} \quad K_l = 3,38; K_r = 7,40; K_c = 4,44; K_e = 4,44.$$

y para los resultados globales por líneas completas o redes, son suficientemente aproximados.

Cuando, sin embargo, se trata de obtener el aumento de viajeros y los viajeros totales de una sección de estaciones no muy numerosas y todavía sin explotar, o definir de una forma más concreta el tráfico de una estación, este sistema puede dar lugar a considerable desviación de los resultados.

Encuestas posteriores al estudio han permitido hallar una correlación entre el factor de tráfico y los puestos de trabajo de la zona de influencia y su población activa.

Esta correlación nos lleva a la fórmula:

$$K_i = 5,25 \frac{PT_i}{PA_i} - 0,25,$$

en que  $K_i$  es el factor de tráfico (expansión),  $PT_i$  es el número de puestos de trabajo de la zona de influencia de la estación considerada, y  $PA_i$  es la población activa correspondiente a la misma zona.

## 8. CONCLUSIONES

La red que del estudio de tráfico resulta ser la más adecuada (fig. 5) consta de 93 Km. y produce en el período punta de la mañana 500 000 viajeros, lo que aproximadamente significa un tráfico medio diario de 2,25 millones de viajeros y un tráfico anual de unos 700 millones; esta última cifra representa 7,4 millones de viajeros kilómetro y año (en el momento en que se hizo el estudio), lo que evidentemente significa una notable descongestión.

La intensidad máxima de la hora punta para el año 1980 en cada una de las líneas de la red, ha resultado ser la siguiente:

	Red del Plan — Viajes/hora	Red del Plan modificada — Viajes/hora
Línea I .....	20 500	11 000
Línea II .....	5 000	5 500
Línea III .....	10 000	7 500
Línea IV .....	4 000	3 500
Línea V .....	8 500	10 500
Línea VI .....	15 000	18 500
Línea VII .....	12 500	15 000
Línea VIII .....	10 500	15 000
Línea IX .....	7 000	7 500
Línea X .....	3 000	Se suprime.

Se ha aplicado, únicamente a título orientativo puesto que la exactitud no puede ser muy grande, el estudio del año 2000, para el que se obtienen las siguientes intensidades máximas de viajeros por línea en la "hora punta".

	Red del Plan — Viajes/hora
Línea I .....	46 000
Línea II .....	8 000
Línea III .....	13 000
Línea IV .....	8 000
Línea V .....	18 000
Línea VI .....	28 000
Línea VII .....	28 000
Línea VIII .....	30 000
Línea IX .....	17 000

Como puede verse, en el año 1980 se llega a unos niveles de utilización relativamente moderados, puesto que la capacidad máxima de transporte de las nuevas líneas, sin excesivas aglomeraciones para los usuarios, es de 35 000 viajeros-hora, y en las antiguas de 18 000 a 27 000 viajeros-hora, según sean estaciones de 60 ó de 90 metros. Solamente la línea I queda congestionada, lo que obliga a la construcción del ramal Atocha-Entrevías-Palomeras para descargarla de su exceso de viajeros.

Por lo tanto, la red del Plan de Ampliación puede servir perfectamente para cubrir las necesidades del año 2000 y será únicamente necesario completarla en la periferia para resolver los problemas derivados del crecimiento de nuevos barrios, hoy imposibles de prever.

Por el contrario, en el casco urbano la red es suficiente y no parece previsible que deba realizarse en un futuro, que desde nuestra perspectiva podamos vislumbrar ninguna otra ampliación de la red en el centro de la ciudad.