

CIRCULACION Y TRANSPORTES EN LAS GRANDES POBLACIONES

Por LAMBERTO DE LOS SANTOS JALON,
Ingeniero de Caminos.

El autor explica y reseña los importantes temas que comprende la Ingeniería del Tráfico, y aporta ejemplos de algunos estudios extranjeros. Seguidamente pasa a exponer bases y directrices para estudios concretos, señalando su posible aplicación a algunos casos de nuestra capital, y termina sugiriendo a los compañeros su especialización en esta técnica, que considera de gran porvenir.

Consideraciones generales.

El continuo crecimiento de las ciudades complica sus problemas vitales de tal manera, introduciendo variables nuevas, aumentando sus relaciones de interdependencia y obligando a operar con coeficientes y potencias, cada vez más elevados, que solamente pueden ser adecuadamente resueltos, acordándose en conjunto, mediante detenidos estudios basados en datos estadísticos, minuciosos y completos.

Tal ocurre, pues no podrían ser una excepción, con los problemas derivados de la circulación urbana y de sus medios de transporte, ya sean individuales o colectivos, de superficie, subterráneos o elevados. Cualquier solución parcial enfocada desde el punto de vista particular, del Municipio o de la barriada, del empresario o del usuario, del conductor o del peatón, sería insuficiente en el mejor de los casos, cuando no imperfecta o equivocada, con repercusiones particulares en otros sectores de la ciudad o de su economía.

El número de habitantes, su distribución por zonas residenciales con diferentes densidades, la extensión y desarrollo de la ciudad, el trazado y amplitud de sus calles y plazas y los planes de ensanche para el futuro, son conocimientos de orden urbanístico indispensables a todo estudio de tráfico.

Las líneas de transporte colectivo de superficie, tranvías, autobuses y trolebuses, y las subterráneas (metropolitano) o elevadas, con sus instalaciones y vehículos, considerando en ellas el tráfico horario, diario y anual, horas y días de punta, recorridos y viajeros-kilómetro, recaudación, amortización y renovación del material, son datos esenciales a tener en cuenta en relación con las empresas del transporte.

El número de vehículos particulares, turismos, motocicletas, bicicletas, camiones y carros, y su ritmo de crecimiento, su distribución por barrios, co-

rrientes de tráfico más importantes, líneas de deseo, desplazamientos por trabajo o por diversiones, líneas y horas de abastecimiento a mercados y centros de producción o consumo, estacionamientos y aparcamientos, duración de las paradas y horas de utilización, son elementos del transporte particular cuyo conocimiento es fundamental.

La distinta función de las zonas urbanas, residencial, industrial, comercial, escolar; el carácter de sus barrios, antiguos o modernos, tranquilos o bulliciosos; los hábitos e idiosincrasia de sus moradores, callejeros, recogidos, pacíficos o atrafagados, exigentes en cuanto al *confort* o de costumbres sencillas, son matices relacionados con la psicología que no pueden soslayarse.

Finalmente, el aspecto político del problema, tanto en la esfera estatal como en la municipal, con la influencia de las fuerzas vivas, políticas, económicas y sindicales, las campañas de Prensa y de Radio, son causas que obligan a modificar las soluciones técnicas y aun a abordar los problemas con postulados y prejuicios que no permiten un estudio perfecto. Un ejemplo: el temor a elevar las tarifas por el posible descontento de la clase obrera, con la natural repercusión en las próximas elecciones.

Precisamente por la profusión de facetas que estos temas ofrecen y por ser eminentemente públicos, todos se creen con derecho a opinar y especular sobre ellos, exponiendo ideas e iniciativas en la Prensa y Radio, o presentando quejas y reclamaciones, pidiendo líneas de tranvías y autobuses, modificación de sus horarios y paradas, alegatos a favor o en contra de la reforma de calles y plazas, de los estacionamientos, de las direcciones únicas, de los automóviles de alquiler, etc., sin acordarse de que existe una técnica denominada "Ingeniería de Tráfico", relativamente moderna, pero muy desarrollada ya, con la que hay que contar, si no se quieren hacer cosas inútiles, disparatadas o contraproducentes.

Necesidad de un detenido estudio técnico.

Todos los elementos a que acabo de referirme, aunque de manera sucinta, influyen considerablemente en los problemas del transporte y circulación urbana, y por eso, dada su complejidad, han de estudiarse por equipos o comisiones de técnicos especializados en estas materias. Así lo han entendido en las principales capitales del extranjero, y por eso ha progresado la ingeniería de tráfico, sobre todo en Norteamérica, donde el gigantesco crecimiento del parque de vehículos y de sus metrópolis, de las cuales hay más de siete que sobrepasan el millón de habitantes, dan a sus problemas de circulación y transportes tal complejidad, que sólo a fuerza de técnica, organización y disciplina pueden ser resueltos.

También en algunas grandes capitales europeas han reconocido la necesidad de estudiar técnicamente sus problemas de transportes, y entre ellas Londres y Munich, según se desprende de dos trabajos que más adelante reseñaré brevemente.

Todavía no ha llegado a mi conocimiento la noticia de que se haya realizado en España ningún estudio de conjunto, completo, sobre bases estadísticas, en alguna de sus grandes ciudades, y juzgo interesantísimo iniciar alguno que sirviera de experiencia para los que están reclamando los acuciantes problemas de circulación y transportes de Madrid, Barcelona, Valencia y otras poblaciones importantes.

Si los planes de ordenación urbana requieren numerosos planos de información previa, además del de la ciudad actual, en los que se recogen datos de altimetría, topografía, vías de comunicación, zonas verdes, densidad de población, antigüedad de edificios, alturas de los mismos, número y tipo de viviendas, rentas que producen, industrias, comercios, garajes, solares sin edificar, climatología, índice de crecimiento de población, etc., para estudiar sobre estas bases las directrices de planificación de la futura ciudad y de las reformas interiores a realizar, no es menos necesaria una previa y completa información estadística para todo estudio de circulación o transporte urbano que ofrezca garantías de seriedad y acierto.

Y al igual que en la técnica urbanística, que tanta afinidad tiene con la del transporte, es necesario el trabajo en equipo bajo las órdenes de un director especialista; también los planes de ordenación de la circulación y del transporte, en las grandes ciudades, deben estudiarse por equipos de técnicos dirigidos por un Ingeniero especializado en tráfico.

Una vez formulados los planes generales o parciales, con sus posibles variantes, deben intervenir los elementos políticos y económicos afectados por ellos para exponer sus criterios y defender sus intereses, como una especie de información pública, y después de corregidos nuevamente por los técnicos, atendiendo sus indicaciones, arbitrar los medios financieros y legales de llevarlos a efecto.

Ejemplo de algunos estudios extranjeros.

Londres. — Por el Laboratorio de Investigaciones de Carreteras (Road Research Laboratory), dependiente del Departamento de Investigaciones Científicas e Industriales, se vienen haciendo estudios sistemáticos de la circulación en el centro de Londres desde el año 1947, con vistas a reducir el número de accidentes y las molestias y pérdidas de todas clases debidas a la congestión del tráfico en sus calles. Aunque el gran Londres tiene 2 072 Km.² y 8 300 000 habitantes, los estudios se han limitado a una zona de 31 Km.², en el centro de la capital, zona en la que se produce el 75 por 100 de accidentes y la casi totalidad de embotellamientos.

Desde 1947 a 1952 se han realizado cinco investigaciones técnicas sobre las condiciones de circulación en el centro de Londres. Se escogió una red de calles de gran tráfico, con líneas de tranvías y autobuses, y una longitud de 60 Km. aproximadamente. El conjunto de calles se dividió en cinco itinerarios, de tal forma que, al recorrerlos una vez, se obtenía la descripción de toda la red. Unos coches especiales, con cronómetros y tacómetros para medir velocidades y paradas, recorrían estos itinerarios a horas y en días diferentes, para poder obtener indicaciones medias. Se medían también los volúmenes de tráfico de las distintas clases de vehículos con los que se cruzaban, exceptuándose las bicicletas, agrupándolos en particulares, comerciales y "otros vehículos" (principalmente autobuses y taxis).

El resultado de estas investigaciones en el año 1952 se resume en el gráfico de la figura 1.^a, donde se han representado los volúmenes medios de vehículos/hora y las velocidades medias, en millas por hora, en cada sección considerada.

La composición del tráfico medio en vehículos/hora, en el mismo año, era la siguiente:

| | |
|------------------------------|---------------------|
| Vehículos particulares | 485 vehículos/hora. |
| Idem comerciales | 550 » |
| Otros vehículos | 385 » |
| <hr/> | |
| Total | 1 420 » |

El máximo volumen horario fué de 2 500 vehículos en Piccadilly, con unas velocidades medias de 11,5 millas hora, o sean 20 Km. hora aproximadamente. La velocidad mínima observada fué de 6 Km. por hora en Oxford Circus a Tottenham, y la máxima fué de 43 Km. hora en el puente de Waterloo; las medias en los mismos puntos fueron de 9 y 6 kilómetros/hora, respectivamente.

En el cuadro que a continuación reproducimos se indican las velocidades medias de marcha y de trayecto (incluyendo paradas), y los tiempos medios por trayecto y en marcha. Conviene hacer notar que a lo largo de las 37 millas de la red había 176 cruces

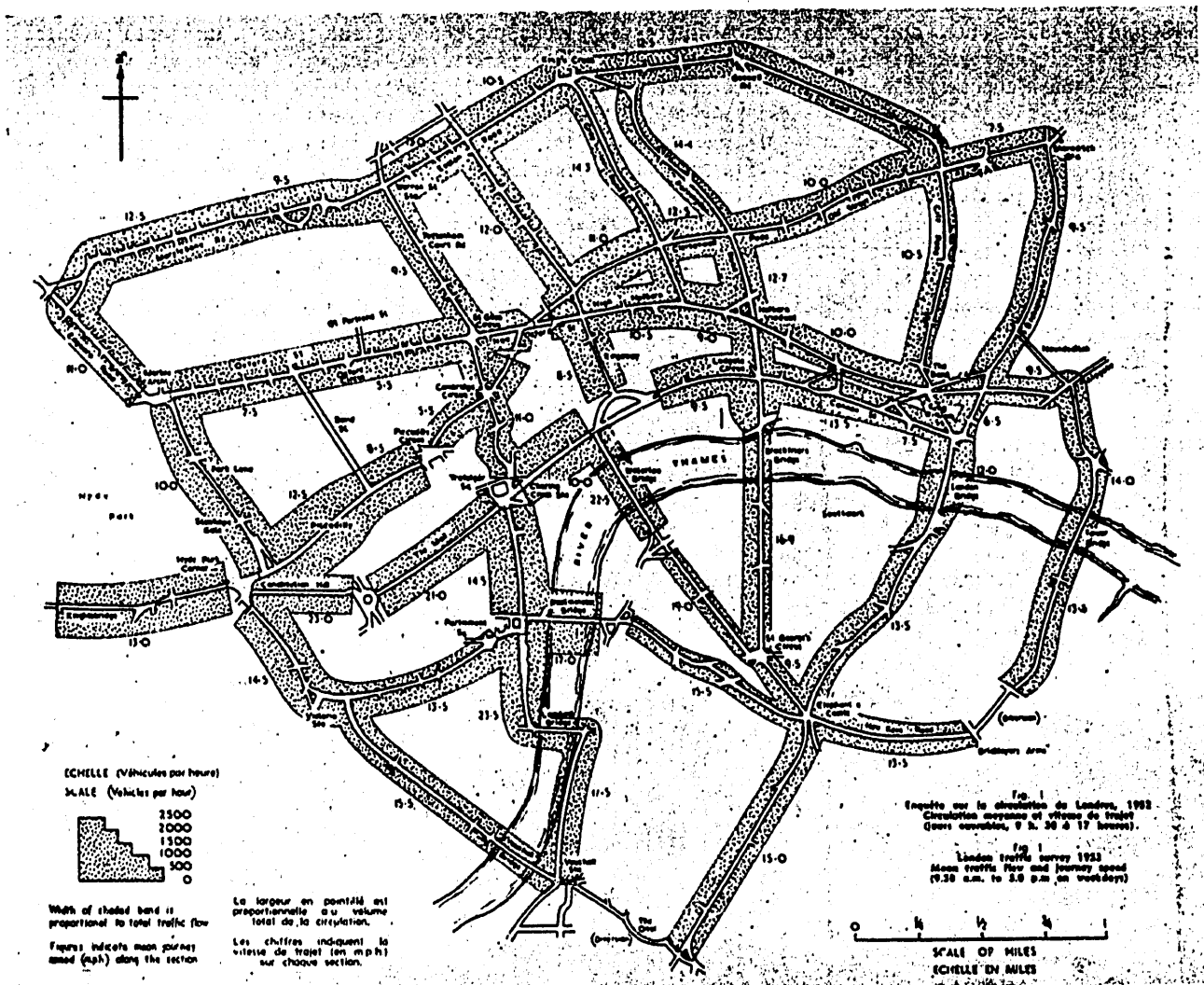


Fig. 1.ª—Gráfico de volúmenes y velocidades de circulación en el centro de Londres, en el año 1952. La anchura de la banda punteada es proporcional al volumen medio de vehículos por hora en los días laborables. Los números en cada tramo indican la velocidad media de trayecto en millas por hora.

regulados por señales luminosas o agentes del tráfico.

| | |
|-----------------------------------|---------------------|
| Velocidad media de trayecto | 11,1 millas/hora. |
| Idem id. de marcha | 15,2 » |
| Tiempo medio de trayecto. | 5,41 minutos/milla. |
| Idem id. de marcha | 3,94 » |

Muy interesantes fueron las observaciones del tiempo medio de parada en los cruces, que varían desde 44 segundos en Park-Lane a 90 segundos en The Bank. El tiempo medio de parada era de 1,47 minutos por milla de recorrido, lo que representa el 27 por 100 del tiempo invertido en recorrer un trayecto. Hubo paradas excepcionales a causa de incidentes, llegando la máxima a 637 segundos.

En un intento de valoración del tiempo perdido se llegó a la conclusión de que en dichos itinerarios había un promedio de 6 520 personas que estaban perdiendo tiempo, y de 1 580 vehículos, del promedio de 4 300, que circulaban con retraso por detenciones o pérdidas de velocidad motivadas por otros vehículos. La pérdida total de tiempo en un año de 250 días hábiles alcanzaría la cifra de 15 millones de horas/hombre. Si lo valorásemos a 20 pesetas hora, importaría 300 millones de pesetas por año; una reducción de un 20 por 100 en esta cifra sería de consideración y justificaria las modificaciones a introducir en la circulación de Londres.

No puedo extenderme más al describir este interesantísimo trabajo, pero por lo expuesto se deduce claramente su gran utilidad y la importancia y rentabilidad de un estudio detallado y concienzudo de la circulación urbana.

Munich. — Diferente, aunque no menos interesante, es el estudio realizado en Munich por los Ingenieros M. E. Feuchtinger y J. Schlums con admirable meticulosidad y rigor científico. Se trataba de definir técnicamente cuál era el proyecto más conveniente de construcción y acondicionamiento de vías de penetración en Munich, teniendo en cuenta la circulación presente y futura, a fin de distribuir en el núcleo urbano el tráfico exterior e interior y desviar el de tránsito, produciendo la menor perturbación posible en el propio de la ciudad.

Munich, con 900 000 habitantes, un vehículo automóvil por ocho personas y una bicicleta cada tres personas, tres autopistas que afluyen a ella y 19 carreteras de distintas categorías, es una de las poblaciones alemanas de más intenso tráfico. Había que comparar, desde el punto de vista de la circulación, tres posibles soluciones:

- 1.^a Autopista de circunvalación exterior.
- 2.^a Acondicionamiento de las principales calles que rodean y penetran en la zona urbana central.
- 3.^a Un sistema de tres carreteras exprés, en es-

trella, uniendo las autopistas a un punto próximo a la zona central.

El presupuesto de las soluciones primera y tercera era de 250 millones de marcos aproximadamente, y el de la segunda solución, bastante más económico.

Para abordar el estudio se dividió en tres partes: 1.^a, análisis del tráfico exterior; 2.^a, análisis de la circulación local, y 3.^a, estudio de la circulación total.

En la primera parte se analizaron detenidamente los tráfico y origen y destino, en Munich, de sus 22 carreteras, así como el de tránsito, durante un período de un mes, mediante recuentos diarios y un cuestionario de preguntas a los usuarios: ¿de dónde venían?, ¿a dónde iban? y ¿en qué punto de Munich se pensaban detener? El volumen total medio, en dieciséis horas del día, era de 40 000 unidades vehículo particular (un camión, dos y medio vehículos particulares; una motocicleta, medio vehículo particular). El resumen de la circulación exterior a través de la población se representa en la figura 2.^a,

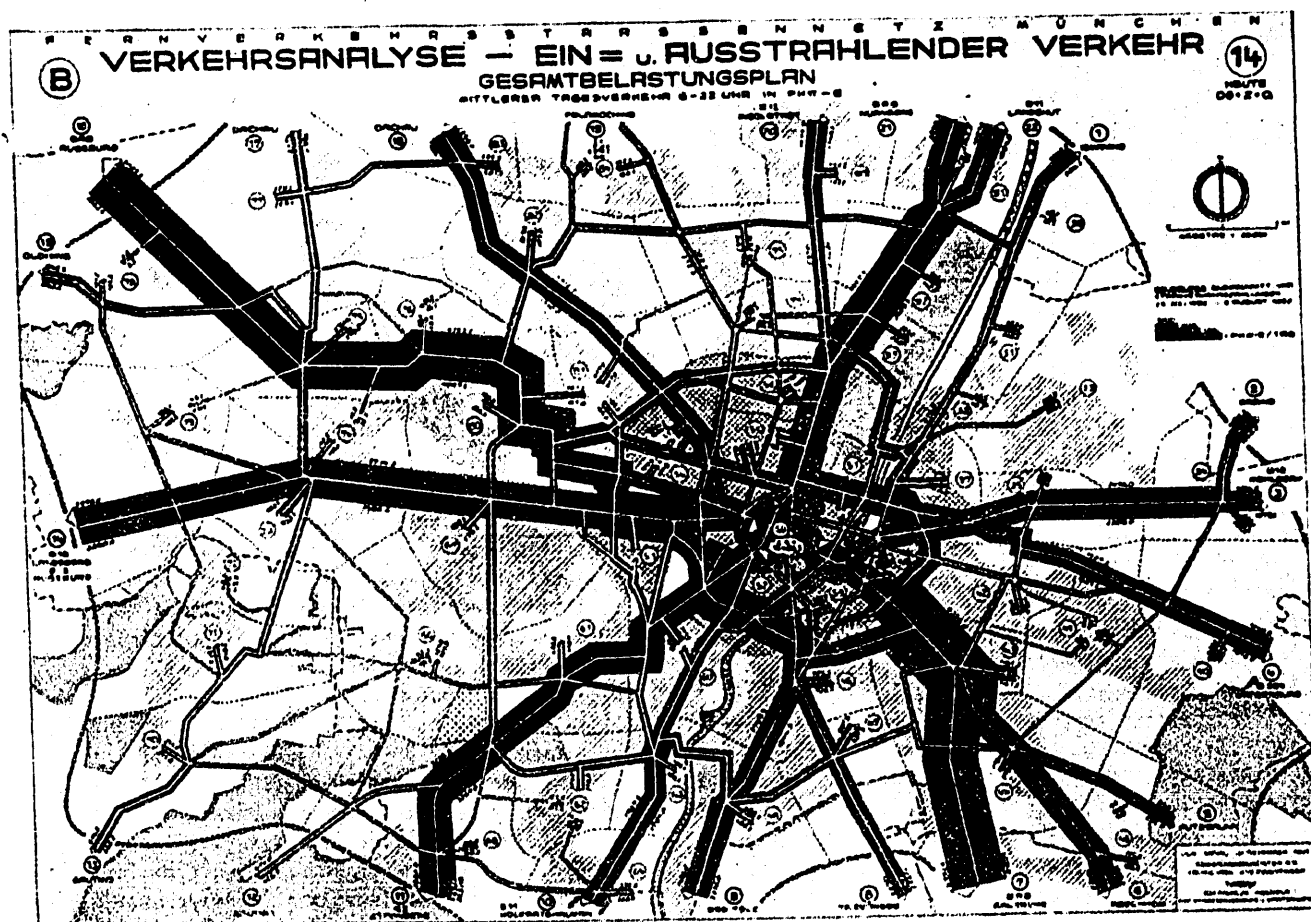


Fig. 2.^a — Plano de los volúmenes totales del tráfico de entrada y salida a Munich, entre las seis y veintidós horas, en el año 1953. Las anchuras son proporcionales al número total de vehículos en el día.

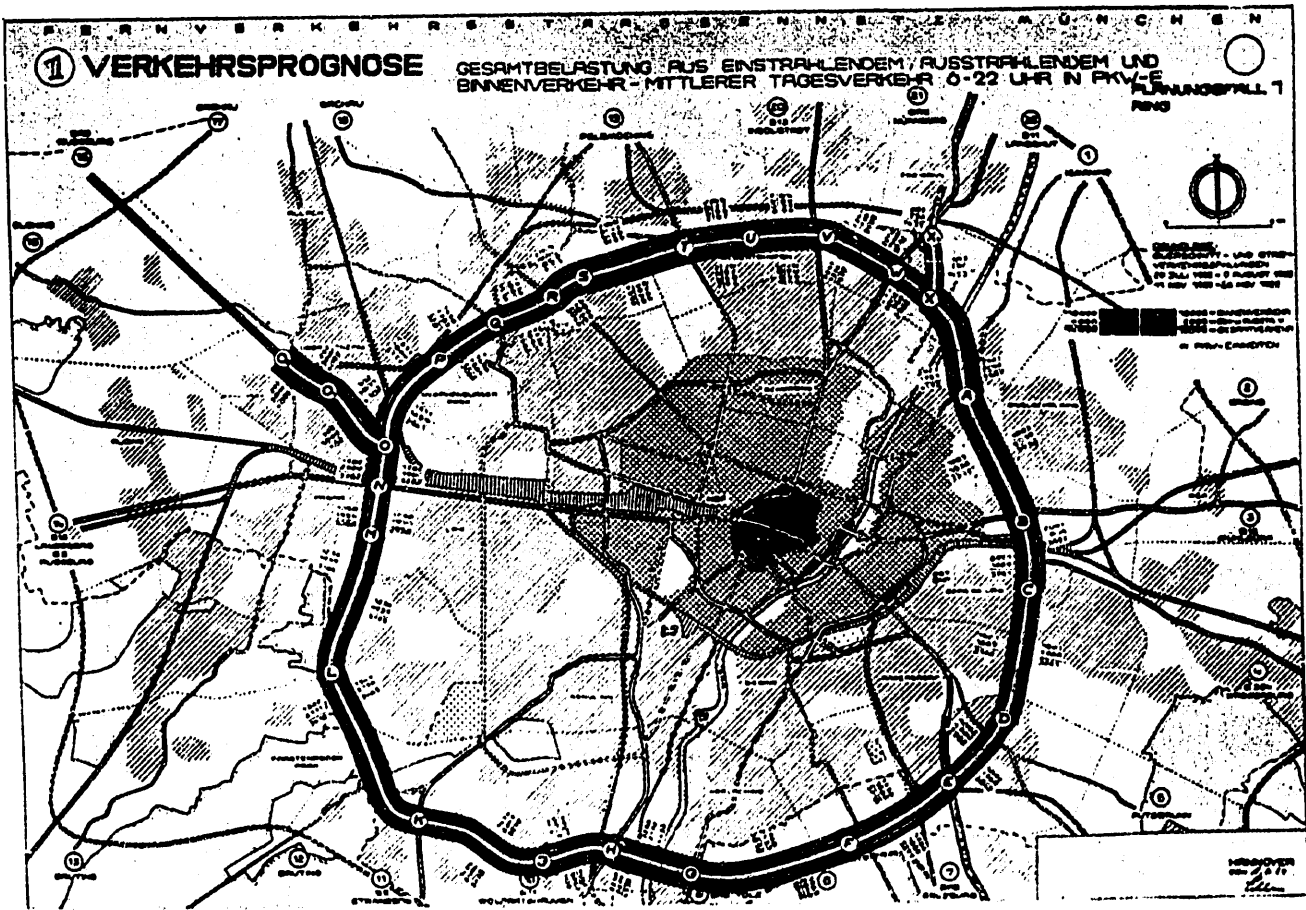


Fig. 3.^a — Munich. Distribución probable del tráfico total, exterior e interior, prevista para la vía de circunvalación del proyecto primero.

donde se indican los tráficos de entrada y salida por cada carretera y autopista. Este tráfico se repartió después entre cada una de las vías de las tres soluciones que se comparaban, suponiendo que los conductores utilizarían la nueva red siempre que obtuviesen una ventaja de tiempo, con lo cual se dibujaron otros tres planos análogos al de la figura 2.^a, suponiendo que se hubiesen realizado las obras.

Para el análisis del tráfico local, que constituyó la segunda parte del trabajo, se dividió Munich en 54 sectores diferentes y se estudió la circulación entre cada sector y los 53 restantes. El número de combinaciones, suponiendo que los viajes diarios entre dos sectores, en sentido inverso, eran iguales, era de 1 431. Ante la imposibilidad material de 1 431 recuentos de origen-destino, se efectuaron los más característicos, con objeto de obtener fórmulas aplicables con suficiente aproximación, considerando como variable la población de cada distrito y su distancia media.

Se comprobó experimentalmente la posibilidad de

aplicar una fórmula similar a la de tracción de las masas:

$$X_{mn} = C \times \frac{H_m \times H_n}{D_{mn}^d}$$

en la que X_{mn} es el tráfico entre dos distritos; H_m y H_n , el número de habitantes; D , la distancia media entre estos distritos, y d y C , constantes a determinar. Conocidos los valores X_{mn} , H_m y H_n , y D , se calcularon distintos valores de C y d ; pero para poder unificar la fórmula se aplicó a cada distrito un factor de intensidad, J , que dependía de su estructura económica (industria, comercio, vivienda, etcétera). Estos factores J fueron nueve, variando desde 0,25 a 2 de 0,25 en 0,25, y luego 2,50, 3, 6,7 y 8,6. La fórmula definitiva fue:

$$X_{mn} = 2 \times \frac{(H_m \times J_m) \times (H_n \times J_n)}{D_{mn}^{1,6}}$$

Igualmente que en la primera parte del trabajo,

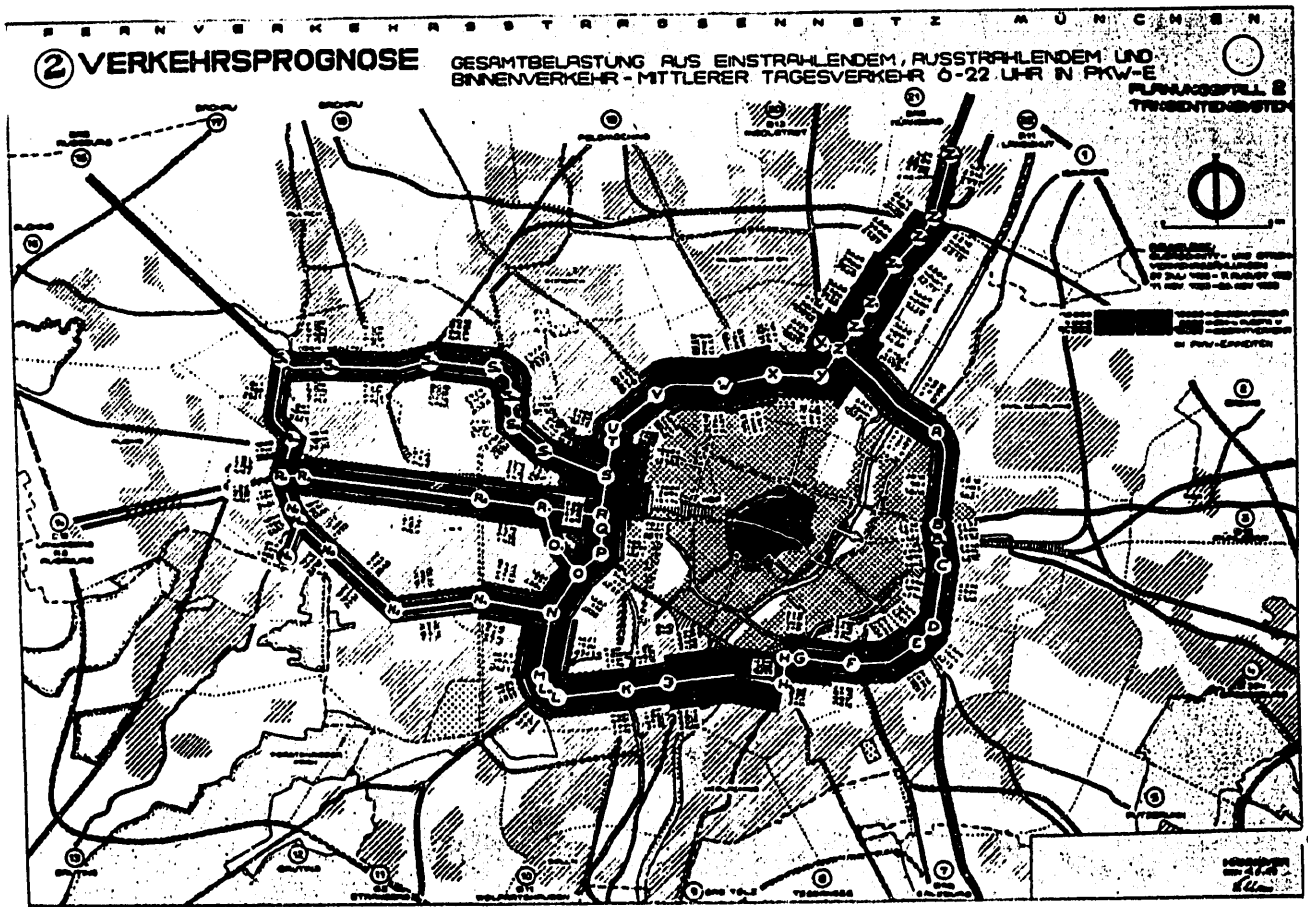


Fig. 4.^a — Munich. Distribución probable del tráfico total, exterior e interior, previsto para el acondicionamiento de vías de la solución segunda.

se distribuyó hipotéticamente esta circulación local entre cada una de las tres redes viarias planeadas. La importancia total de este tráfico local era de 65 000 unidades vehículo particular, es decir, superior al tráfico exterior.

En la tercera parte se sumaron ambas circulacio-

nes y se estudió la parte de ellos que circularía por las vías nuevas o acondicionadas de cada uno de los tres proyectos, cuyos resultados se han representado en las figuras 3.^a, 4.^a y 5.^a. La previsión total de utilización media de cada red se indica en el siguiente cuadro:

| MEDIA DIARIA PREVISTA (16 HORAS) PARA LOS VOLÚMENES DE CADA RED | | | | | |
|---|------------------|---------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|
| Soluciones | Tráfico exterior | Tráfico local | Volumen en un sentido | Volumen en ambos sentidos | Valores relativos |
| I | 1 930 | 1 803 | 3 733 | 7 466 | 1,00 |
| II | 1 810 | 5 303 | 7 113 | 14 226 | 1,91 |
| III | 3 000 | 5 309 | 8 300 | 16 618 | 2,23 |

De él se deduce que la solución óptima, desde el punto de vista de la circulación, por ser la más aprovechada, sería la tercera. Igualmente se deducen de la figura 5.^a las secciones mínimas necesarias para cada tramo de las carreteras exprés proyectadas y la necesidad de acondicionar también una transversal a

lo largo del río, solución que se estudió como complemento del proyecto. Sin embargo, dicen los autores del estudio, la respuesta definitiva a la cuestión planteada no depende sólo de su mayor amplitud para el desenvolvimiento de la circulación, sino de factores urbanísticos, políticos y financieros, cuyos

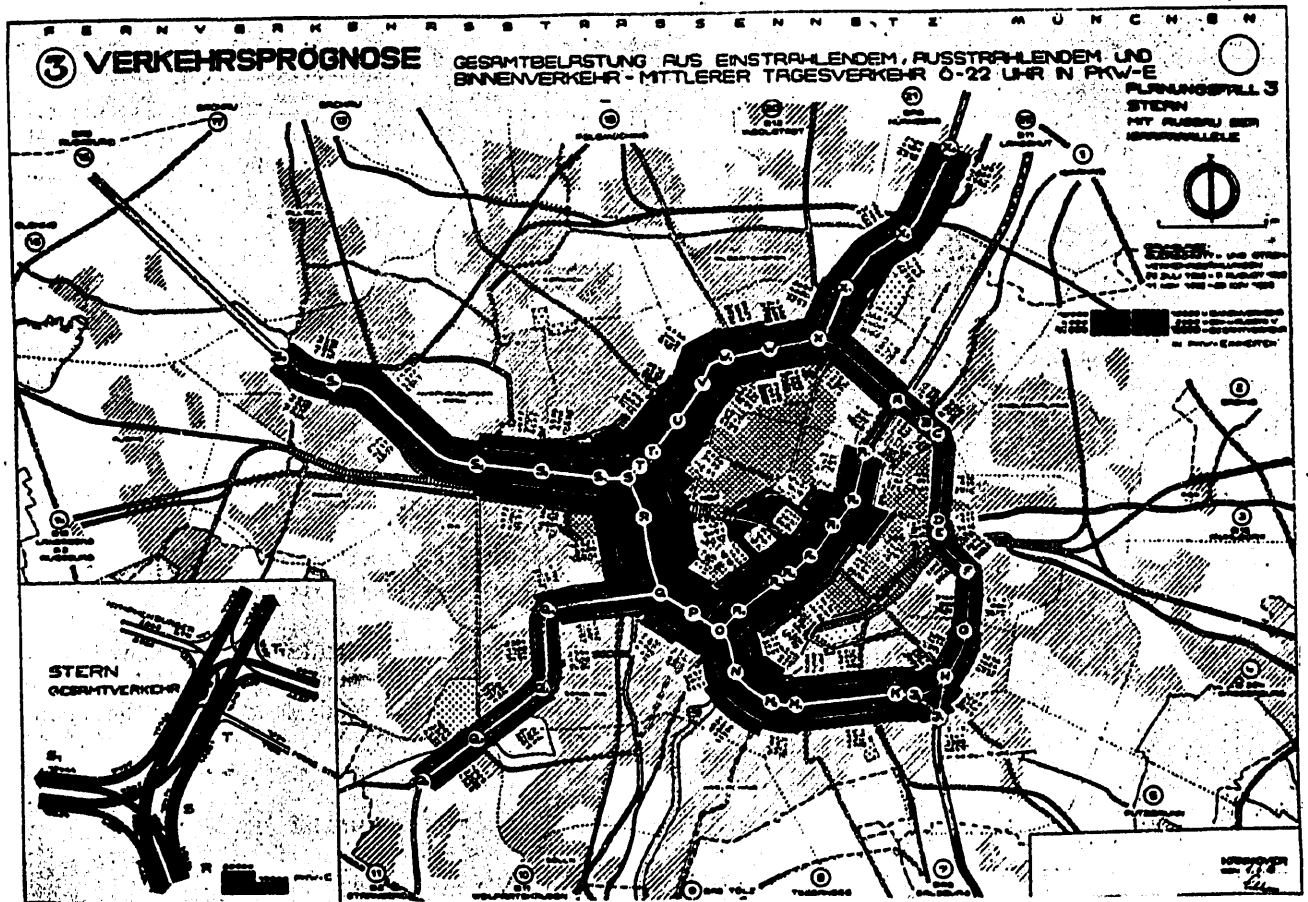


Fig. 5.^a — Munich. Distribución probable del tráfico total, exterior e interior, previsto para las carreteras exprés de la solución tercera.

problemas son ajenos a este trabajo. De todas maneras, es un claro ejemplo de hasta dónde se puede llegar con la aplicación de métodos analíticos en la técnica de la circulación vial.

Bases y directrices para estudios concretos.

Los estudios de circulación urbana no son solamente del tipo de los dos anteriormente reseñados, sino que pueden ofrecer gran variedad de temas, y cada uno de ellos quizá precise bases y directrices diferentes, aunque todos requieren un análisis de tráfico lo más exacto y completo posible. A continuación, de una manera esquemática, damos algunas orientaciones para abordar diversas cuestiones:

A) CIRCULACIÓN GENERAL EN EL CENTRO DE UNA CIUDAD.

Un buen ejemplo es el estudio del tráfico en el centro de Londres, del que más arriba hemos hecho una sucinta referencia, el cual pudiera completarse con otros datos estadísticos interesantes. Sus elementos básicos son:

- 1.º Fijación del perímetro de la zona a estudiar y selección de las vías de circulación más importante.
- 2.º Estadísticas de población residente en la zona, establecimientos comerciales, garajes y vehículos domiciliados en ella.
- 3.º Líneas de transporte de superficie (tranvías, autobuses y trolebuses). Variaciones diurna y horaria de vehículos y viajeros.
- 4.º Estadísticas de circulación en las vías elegidas y en todos sus cruces (composición del tráfico, volúmenes diarios, horarios e instantáneos).
- 5.º Velocidades de marcha y trayecto obtenidas mediante vehículos lanzados en la corriente circulatoria general, dotados de aparatos de medida.
- 6.º Tráfico afluente desde el exterior, vías principales de entrada y salida a la zona (estudio análogo, pero menos extenso, al desarrollado en la primera parte del ejemplo relativo a Munich).
- 7.º Estacionamiento de vehículos, variación diaria del número total de coches estacionados, tiempos de parada y puntos singulares (espectáculos, edificios públicos, etc.).

B) ACONDICIONAMIENTO DE UN CRUCE CONGESTIONADO.

Problema que se presenta en casi todas las poblaciones y que no suele resolverse perfectamente por falta de estudios previos o por timidez en la realización de la solución técnica. Los datos esenciales son:

1.º Planta exacta del cruce, hasta 200 metros por cada calle como mínimo, con bordillos, edificaciones y pasos de peatones.

2.º Estadísticas de circulación en todas las direcciones y su variación en el curso del día.

En América se emplean aparatos fotográficos como el que se indica en la figura 6.ª, con marcas en la calzada, para poder luego reconstruir el mecanismo del tráfico en una pantalla o en dibujos.

3.º Determinación práctica de la capacidad actual del cruce y de la que sería necesaria en función del tráfico de las calles afluentes.

4.º Influencia de la señalización existente y ensayo de variación de los discos luminosos. Medida de los retrasos de los vehículos antes de ponerse en movimiento al iniciarse la luz verde.

5.º Influencia de los estacionamientos en las calles adyacentes y de las paradas de autobuses y tranvías, si los hay.

6.º Estadísticas de la circulación de peatones, si ésta es muy importante.

Con todo ello se puede acondicionar el cruce adecuadamente con un proyecto que comprenda:

a) Líneas de bordillo, islotes direccionales e incluso esquinas de edificios para aumentar la visibilidad o marcar líneas de construcción si no está edificado totalmente.

b) Sucesión de ciclos de los semáforos, buscando la más conveniente, la cual puede variar según las horas del día.

c) Pasos de peatones y paradas de tranvías y autobuses.

d) Zonas de estacionamiento de vehículos, alejándolas suficientemente del cruce.

C) ORDENACIÓN DEL TRÁFICO EN UNA ARTERIA IMPORTANTE.

Si queremos estudiar, bien como consecuencia de la circulación general en el centro de la ciudad, bien como problema particular, la ordenación del tráfico de una arteria que atraviesa o circunda una zona urbana, debemos contar con los siguientes elementos básicos:

1.º Análisis de la circulación a lo largo de la vía (instalación de estaciones de recuento, repartición del tráfico en los distintos días y horas, e incluso según las estaciones del año si varían mucho en él; horas y cuartos de hora de punta, composición del tráfico, velocidades medias, máximas y mínimas).

2.º Estudio de la circulación en sus cruces más importantes, en forma análoga a la del caso anterior.

3.º Líneas de transportes urbanos si van por la vía (número de vehículos, espaciamiento entre ellos, puntos de parada, tiempos, horas de punta).

4.º Estacionamientos. Zonas reservadas y prohibidas. Tiempos de ocupación, capacidad total (suficiente o insuficiente).

Como resultado se llegaría a un estudio de ordenación del tráfico, que comprendería:

a) Posible reforma de la sección de la calle.

b) Acondicionamiento de los cruces.

c) Ordenación de los ciclos de las señales luminosas y a lo largo de la vía en función del tráfico, en forma constante o regulable según sus variaciones horarias.

d) Disposición adecuada de los estacionamientos y de las paradas de los vehículos de transporte colectivo.

e) Reglamentación del uso de las edificaciones en la calle (restricción de edificios comerciales y de espectáculos, obligatoriedad de previsión de aparcamiento, etc.).

D) REFORMA DE UNA PLAZA.

Tema de mayor complejidad y dificultad por la imposibilidad, en general, de variar el acceso de las vías afluentes a causa de las edificaciones existentes. Los datos imprescindibles para abordar su estudio son:

1.º Planta actual prolongada por cada calle hasta 200 metros, por lo menos, igual que en el caso B.

2.º Análisis de la circulación con las líneas de corriente de tráfico a través de la plaza, estudiando todas las combinaciones posibles.

3.º Capacidad de las distintas calles de acceso a la plaza, con estacionamiento o sin ellos.

4.º Estudio de ordenación del tráfico, comparando la solución giratoria con la de intersecciones.

5.º Líneas de transportes colectivos que atraviesan la plaza (en igual forma que el apartado tercero del tema anterior).

6.º Capacidad de los estacionamientos existentes y posibilidad de su ampliación.

La solución debe comprender:

a) Nueva planta de la plaza con todos los elementos indicados en los apartados a) y c) del tema B.

b) Ordenación del tráfico en sentido giratorio o por intersección, con su correspondiente señalización.

c) Planta de estacionamientos y jardines (si los hubiere).

d) Acondicionamiento de las calles afluentes y ordenación del tráfico en ellas y, si se estima necesario, su ensanche o reforma. Posibilidad de apertura de una calle nueva.

e) Desvío factible de alguna corriente de tráfico para descongestionar la plaza.

E) ESTUDIO DE UNA NUEVA ARTERIA CENTRAL.

La apertura de una gran vía lleva aneja una importante variación de la circulación en toda la zona afectada por ella, que debe preverse si no se la quiere ver congestionada en plazo breve. Hay que considerar para ello:

1.º Plano de la zona atravesada por la nueva arteria, con las calles que se conservarían y las afectadas por la demolición necesaria.

2.º Planos de densidad de población, garajes, comercios e industrias.

3.º Corrientes de tráfico más importantes de las zonas inmediatas a las que atravesaría la nueva vía (tráfico de origen y destino mediante informaciones análogas a las del citado trabajo sobre Munich).

4.º Líneas de desco actuales de los distritos próximos a la futura arteria, para determinar por dónde la cruzan o si siguen direcciones sensiblemente paralelas.



Fig. 7.ª — Cruce de calles, en el que se han marcado líneas normales a los respectivos ejes, para el estudio del movimiento de los vehículos.

5.º Líneas de transportes colectivos de superficie o subterráneas, que cruzarán o irán próximas a la nueva vía.

6.º Parte del tráfico actual que probablemente circulará por la arteria proyectada (estudio análogo al de Munich).

7.º Tráfico propio creado por esta reforma urbana y su distribución por las calles importantes que la cruzan.

8.º Crecimiento probable del tráfico en el futuro.

9.º Cruces con las calles transversales.

El proyecto comprendería:

a) Trazado más conveniente de la nueva arteria, considerando, no sólo los derribos a efectuar, sino la forma de proyectar los cruces con las vías transversales más importantes (ángulos y rasantes).

b) Sección transversal de la vía (calzadas, bandas de separación, aceras, altura de edificación). Calles de servicio paralelas, si fuesen necesarias para la circulación lenta y la distribución del tráfico proveniente de las calles secundarias.

c) Cruces: planta, distancia entre ellos, pasos de peatones.

d) Ordenanzas de volumen y uso de las nuevas edificaciones.

e) Capacidad de la nueva vía y ordenación de su tráfico, a lo largo de la misma y en los cruces, mediante la adecuada señalización luminosa.

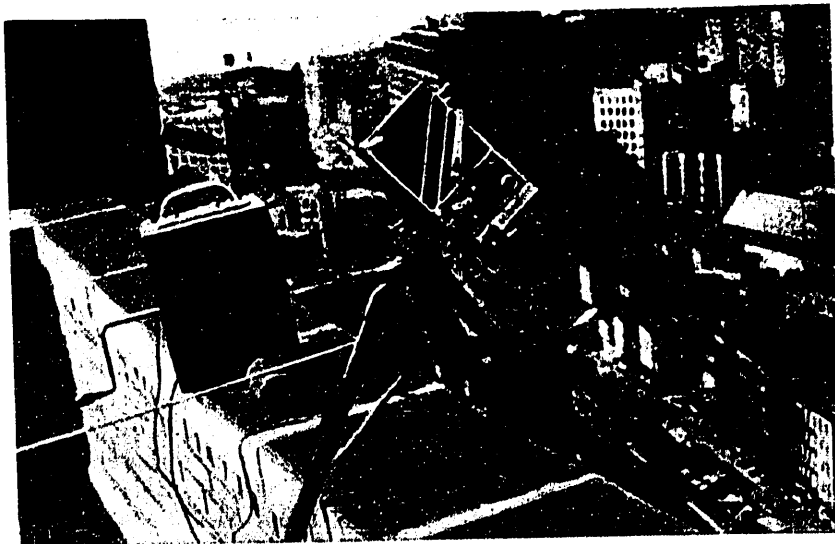


Fig. 6.ª — Cámara fotográfica instalada en una terraza para el estudio del movimiento de los vehículos en un cruce de calles.

f) Estacionamientos, accesos a los edificios, garajes.

g) Nuevas líneas de transportes colectivos y modificación de las actuales.

h) Plan económico y financiero para su realización (demoliciones, traslado de vecinos y locales de negocios, revalorización de los solares y presupuesto de las obras de urbanización).

F) PROYECTO DE UNA NUEVA VÍA DE CIRCUNVALACIÓN

Un modelo de estudio es el realizado por los Ingenieros M. E. Feuchtinger y J. Schlums en Munich, para la primera solución que consideraron, y por eso no creo necesarios mayores detalles sobre este tema, al que le son aplicables también gran parte de las indicaciones de los casos C) y E).

G) PLAN DE APARCAMIENTOS EN UNA POBLACIÓN O PARTE DE ELLA.

Estudiaremos el caso de una zona urbana limitada o de una ciudad relativamente pequeña. Una gran población se dividiría en distritos a los que se aplicaría el método general. Para abordar el problema deben conocerse:

1.º El plano exacto de la zona con los estacionamientos actuales en calles, plazas y particulares.

2.º Evaluación de las posibilidades de dichos estacionamientos (número de vehículos parados, tiempos de permanencia, variaciones horarias y diurnas).

3.º Evaluación de las necesidades presentes. Hay varios sistemas: observación directa de los vehículos estacionados a lo largo del día, preguntas a los conductores, deducción por las necesidades de las diferentes edificaciones, fórmulas en función del parque de vehículos y de los tráficos de entrada y salida; pero lo que, según aseguran, da mejores resultados es el recuento de los vehículos que entran en la zona y salen de ella cada cierto tiempo (media hora), de donde se deduce el número de los que permanecen en ella, sumando además el tráfico local. Para esto hay que anotar los números de matriculación a fin de determinar el tiempo que estuvieron en la zona y si éste es superior al necesario para atravesarla, según el itinerario que siguieran, hubo parada, cuyo tiempo se obtiene por diferencia.

4.º Determinación de los puntos donde podrían establecerse nuevos aparcamientos.

5.º Previsión de las necesidades futuras. También hay varios métodos: fórmulas sobre las cifras obtenidas mediante la observación, en función de los habitantes y el parque de vehículos, desarrollo de la construcción (nuevas barriadas, mayores alturas, nuevos usos de los inmuebles), evolución del transporte individual y colectivo (el viajero del transporte co-

lectivo no necesita aparcamientos), número de taxis y vehículos particulares.

Con estas bases puede decidirse:

a) Ordenación de los estacionamientos actuales para lograr su máximo aprovechamiento (modificación en su disposición, vigilancia, contadores).

b) Preparación de nuevos lugares de estacionamiento donde sea posible, aprovechando plazas, solares sin edificar o patios de manzana.

c) Construcción de garajes y aparcamientos especiales (subterráneos o elevados).

d) Obligatoriedad de disponer de garajes y estacionamientos propios a los edificios que aumentan considerablemente las necesidades ordinarias.

e) Limitación de alturas de edificación y de uso de inmuebles (espectáculos, hoteles, etc.).

f) Reserva de zonas libres para el futuro.

g) Previsión de aparcamientos en los planes de ensanche y reforma interior de poblaciones.

h) Mejora de los transportes públicos en el núcleo de la ciudad (disminuir la necesidad de vehículo propio y permitir un transporte fácil y cómodo desde los puntos de aparcamiento alejados del centro).

H) EVOLUCIÓN DE LA CIRCULACIÓN EN EL FUTURO.

No basta, en general, con conocer la circulación en la actualidad; es necesario, a veces, tener una idea de su probable tendencia de variación en un futuro no muy lejano. Ya he planteado esta cuestión y alguna forma de abordarla en el tema anterior, concerniente a los estacionamientos, pero es indispensable para fijar la capacidad que habrán de tener las nuevas vías en los planes de ensanche o reforma interior y en los accesos a poblaciones.

Para estudiar este problema con suficiente exactitud es necesario disponer de datos estadísticos de tráfico en diversas épocas, lo que nos permitiría prever su evolución a través del tiempo en función de diversas variables, obteniendo así las líneas de tendencia. De aquí la conveniencia de efectuar periódicamente recuentos y análisis de tráfico en las grandes poblaciones, aunque no haya un problema inmediato que resolver. A falta de estos datos cabe operar, por comparación, con otras poblaciones con las que pueda establecerse cierta analogía. Las variables fundamentales son:

1.ª Ley de crecimiento de la población.

2.ª Curva de aumento del parque de vehículos particulares.

3.ª Incremento en el consumo de carburantes.

4.ª Previsión del desarrollo de la edificación.

5.ª Tendencia a la dispersión de las edificaciones (ciudades jardines, satélites, etc.).

6.ª Plan de industrialización de la ciudad y su interland.

7.^a Aumento de la renta por habitante.

8.^a Tendencia a la mayor o menor utilización del transporte colectivo.

Una fórmula elemental para evaluar el tráfico en el futuro es $T = \frac{H}{K \times D}$ en la que T es el volumen de tráfico; H , el número de habitantes de la zona considerada; D , densidad de vehículos por habitante, y K , un coeficiente variable según la clase de población. Conociendo T en un momento dado, las leyes de variación de H y D y el coeficiente K por comparación con otras ciudades análogas, se puede tener una primera aproximación. Sin embargo, el problema es muy complejo y requiere, para una solución suficientemente aproximada, estudios sistemáticos a lo largo del tiempo.

I) REFORMA Y AMPLIACIÓN DE LOS TRANSPORTES DE SUPERFICIE.

Problema importantísimo en la vida ciudadana es la acomodación de la red de transportes de superficie a la evolución de la urbe. Sus repercusiones en el público apasionan de tal manera que dificultan, a veces, y hasta imposibilitan, las soluciones técnicas. Disponer de datos exactos sobre la cuestión y contar con el asesoramiento de técnicos especialistas es una garantía de planteamiento objetivo e imparcial, único medio de alcanzar el éxito dentro de las dificultades de todo orden que rodean estos espinosos problemas. Partiendo de las líneas existentes, los estudios previos a realizar, entre otros, son:

1.^o Plano de la ciudad con densidades de población y de vehículos particulares por distritos.

2.^o Plan de urbanización y reforma interior con probables densidades de población y etapas de desarrollo.

3.^o Estadística de la circulación en las líneas de transporte colectivo en funcionamiento (viajeros por kilómetro, billetes vendidos en cada línea, máximas densidades de viajeros, horas y días de punta, velocidades máximas, mínimas y medias alcanzadas, etc.).

4.^o Líneas de deseo de los viajeros, obtenidas mediante informaciones directas (desplazamientos más frecuentes a los lugares de trabajo, de diversión, etcétera).

5.^o Circulación por calles congestionadas, paradas y acumulación del público en ellas.

6.^o Rendimiento en todos los aspectos de los distintos tipos de vehículos, consumo y gastos de toda índole.

Una vez en posesión de estos datos y con las normas generales de la técnica del transporte, tales como aplicar cada tipo según su capacidad, comenzar con autobuses las líneas de los núcleos poco poblados, así como las de ensayo; no colocar tranvías por

las calles cuya capacidad de circulación está próxima a su límite, y levantar los carriles cuando este fenómeno se haya producido; enlazar con las estaciones del Metropolitano, si las hubiera, sirviendo de complemento y relleno a su red de transportes, y otras muchas más que no es del caso detallar, se podrían proponer diversas soluciones que comprenderían:

a) Modificación de las líneas existentes.

b) Instalación de nuevas líneas.

c) Sustitución de líneas de tranvías por trolebuses.

d) Sustitución de líneas de autobuses por trolebús o tranvías.

e) Variaciones de horarios, paradas; refuerzo en las horas de punta.

f) Parque de vehículos necesario y tipo más conveniente.

g) Tarifas.

h) Planes y líneas para el futuro, de acuerdo con el ritmo de crecimiento de la ciudad.

A veces ocurre que hay que implantar una nueva línea de transporte, aunque no la impongan las necesidades del tráfico, sino por otras razones, tales como facilitar el desarrollo de una nueva zona residencial, poblado satélite o centro industrial. Aun en este caso debe preverse el probable crecimiento del tráfico futuro.

De lo expuesto se infiere la conveniencia de que todos los transportes de superficie en la ciudad estén regidos y administrados con unidad de criterio. La pluralidad de Compañías y concesionarios, si bien puede ser favorable para una minoría de usuarios, es siempre perjudicial para los intereses generales de la población.

J) IMPLANTACIÓN O AMPLIACIÓN DE LAS LÍNEAS DE TRANSPORTE SUBTERRÁNEAS.

Si la extensión y población de una ciudad crece por encima de ciertos límites (más de un millón de habitantes), los ferrocarriles subterráneos, llamados metropolitanos, se hacen necesarios. Cuando se llega a este estado de cosas existe siempre un servicio de transportes de superficie que resulta insuficiente, pero con el que no puede dejarse de contar.

El planeamiento de una red adecuada, con posible ampliación para el futuro, es problema complejo y expuesto a fáciles errores por improvisación, visión parcial o criterio de excesiva economía. Bases fundamentales para su estudio y también para el de una posible ampliación, son las siguientes:

En primer lugar, las indicadas en los números 1.^o, 2.^o, 3.^o y 4.^o del tema anterior.

5.^o Plano de la red de servicios municipales subterráneos (aguas, alcantarillado, gas, electricidad, teléfonos, etc.).

6.º Estudio geológico del subsuelo de la ciudad.

7.º Tendencia de crecimiento de la población y ritmo de edificación, especialmente en las zonas de urbanización avanzada.

8.º Red de vías de circulación rápida, por las que no deben trazarse las líneas del metropolitano por la perturbación que producen durante su construcción y los inconvenientes de la abundancia de peatones en las salidas de sus estaciones, cuando están en funcionamiento.

9.º Estaciones de ferrocarril o de autobuses con las que deben enlazar.

Si se trata de un estudio de ampliación de la red existente hay que añadir:

10. Estadísticas de circulación en el metropolitano actual (billetes vendidos por estación, por días y horas, viajeros/Km., densidad en los distintos tramos entre las estaciones, horas y día de punta).

11. Coste de construcción y explotación de las diferentes líneas en servicio y ritmo de crecimiento del tráfico en ellas, relacionado con el aumento de población en las barriadas que atraviesan.

Las conclusiones de estos estudios previos permitirán fijar:

a) Trazados más convenientes, no sólo desde el punto de vista particular de la Compañía, sino del público en general.

b) Características de las líneas y especialmente de las estaciones (longitud, accesos, posibilidad de ampliación).

c) Capacidad y características que deben tener los coches.

d) Coordinación de sus obras con las del Municipio, especialmente en la apertura de nuevas grandes vías en el interior de la población.

e) Previsión del tráfico probable y de su crecimiento en función de la evolución de la ciudad. Ritmo de ejecución del plan.

f) Coste probable de cada línea y dificultades que pueden presentarse en su construcción.

g) Tarifas.

En la ampliación hay que tener en cuenta, además, que no conviene prolongar una línea ni introducir nuevo tráfico en ella si está saturada su capacidad y que deben considerarse urgentes las líneas que, sirviendo corrientes de tráfico importantes, descongestionan los tramos de capacidad agotada.

Aún es más necesaria la unidad de empresa en la construcción y explotación del ferrocarril metropolitano. El caso de Barcelona, donde hay dos Compañías para dos líneas, es un ejemplo de mal planteamiento que ha impedido probablemente el desarrollo deseable de una buena red metropolitana.

Unos cuantos botones de muestra en Madrid.

Para terminar enumeraré algunos problemas de circulación en Madrid, donde, por residir ya bastantes años, tengo más motivos de conocimiento que en otras capitales españolas, en las que se podrían encontrar múltiples casos análogos. En todos ellos es-timo indispensable, para su perfecta solución, realizar estudios según la Ingeniería del Tráfico, basados en estadísticas de circulación suficientemente completas. Debo advertir que cuanto sigue no implica la menor crítica para el Ingeniero municipal, Director de Vías, Circulación y Transportes del Ayuntamiento, el cual, con su capacidad, inteligencia y preparación, hace cuanto puede y quizá más de lo posible para resolverlos.

Aunque cada caso está considerado aisladamente, no cabe duda que unos tienen relación de interdependencia con otros, pues en realidad son piezas de un complicado mecanismo de la circulación en la Capital de la nación y su arreglo general requeriría un plan de conjunto en el que estarían recogidos todos sus problemas y no sólo los pocos que, como aplicación de los temas generales, se indican a continuación.

Comenzaré por la Gran Vía madrileña, centro comercial con excesivo número de locales de espectáculos, de insuficiente capacidad para el tráfico, sin calles posteriores de servicio (salvo la de Caballero de Gracia), importantísima arteria donde la circulación, a las siete de la tarde, está fuertemente congestionada. El caso C de los anteriormente apuntados sería aplicable para realizar en ella y sus calles adyacentes un estudio de ordenación de la circulación, señalización luminosa, cruces, pasos de peatones, paradas de autobuses y reglamentación de los estacionamientos.

La transversal Este-Oeste, formada por los Bulevares, requiere una urgente reforma con supresión del andén central (aunque hayan protestado algunos periodistas excesivamente conservadores y nostálgicos), que podría asimismo enfocarse según el tema C.

El cruce con el Paseo de la Castellana de la otra transversal Este-Oeste, formada por las calles de María de Molina, General Sanjurjo y Cea Bermúdez, es un caso bien resuelto, aunque con cierta timidez en el tamaño de los islotes direccionales, pero incompleto por falta de la adecuada señalización luminosa, que debe regularse en función de los volúmenes de tráfico en cada dirección, como en el caso B.

El nudo formado por la Glorieta de Atocha y la Plaza de Carlos V, donde la circulación está plagada de interferencias y embotellamientos, podría ordenarse acertadamente con una reforma urbana basada en un estudio del que es un ejemplo el tema D. La solución óptima no se podrá lograr sin desplazar la estación del ferrocarril y sin analizar las corrientes

de tráfico en una zona mucho más amplia, con posibles reformas en un radio de un kilómetro.

Otro caso análogo es el de la circulación en la Puerta del Sol y calles afluentes, donde todas las que tienen dirección Sur son de salida. Una por lo menos, la de Carretas probablemente, debiera permitir la entrada en la plaza. El ensanche previsto de la calle de la Paz resulta indispensable y urgente. Pero la solución habría que basarla en las estadísticas de corrientes de tráfico a través de la Puerta del Sol.

La ordenación del tráfico en la Plaza de Canalejas, donde afluyen cuatro calles y sólo tiene como salida la Carrera de San Jerónimo, necesita urgentemente ser modificada siguiendo las bases del repetido ejemplo *B*. Para la solución definitiva habría que contar con el proyectado ensanche de la calle de la Cruz, que algún día habrá de acometerse aunque tengan que sacrificarse los intereses de sus comerciantes en beneficio del interés general de Madrid. Pero, en realidad, ni el problema de esta plaza ni el de la Puerta del Sol deben considerarse aisladamente, sino en conjunto con la circulación en el centro de Madrid.

Los ciclos de las señales luminosas deberían ser revisados para acomodarlos a los volúmenes de circulación. Igualmente habría que estudiar su sincronización para permitir una mayor velocidad media, pues, en general, la distancia entre ellos es demasiado pequeña por el exceso de cruces y pasos de peatones. Un período de observaciones, realizadas según el ejemplo *A*, sería indispensable para encontrar la regulación más conveniente.

Se ha previsto en el plan de Ordenación Urbana de Madrid una gran vía desde la Plaza de España a la de Alonso Martínez para descongestionar la actual Gran Vía y unir las barriadas del Nordeste con las del Suroeste, mas su proyecto definitivo requiere estudios previos, análogos a los del tema *E*, para determinar su circulación futura, la capacidad que debe tener, y por consiguiente su sección transversal, cruces con calles más importantes y deducir, quizás, la conveniencia de su prolongación hasta la Plaza de Colón para recoger el tráfico de la Castellana, así como completarla con una transversal Norte-Sur a la Plaza del Callao para unir las dos grandes vías.

Y ya que hablamos de la Plaza de España, el problema de circulación, derivado de la apertura de esta nueva arteria, añadido al ya planteado con la construcción del edificio España, sin estacionamiento propio dentro de él, el cual se agravará con otro edificio de igual altura comenzado en la esquina con la calle de la Princesa, hará preciso un proyecto de reforma de la plaza, tanto por lo que se refiere al tráfico, como a jardines y aparcamiento (quizás subterráneo), proyecto que tiene puntos de coincidencia

con los temas *D* y *G*, pero que no puede estudiarse aisladamente, sino como cabeza de la gran vía antes citada.

El Campo de Deportes del Real Madrid ha planteado, asimismo, un problema de estacionamiento, hasta ahora resuelto por la previsión del Ingeniero que proyectó la prolongación de la Avenida del Generalísimo, en la que hay dársenas de aparcamiento a todo lo largo de ella, mas cuando toda esta barriada esté edificada, lo que no tardará mucho en suceder, se notará la imprevisión de no haber obligado a la construcción de un aparcamiento especial.

Otro caso similar se presentaría si se construyese el Palacio de los Deportes al final de la Avenida de Felipe II, caso agravado por la casi continua congestión del tráfico en el próximo nudo formado por las calles de Alcalá, Goya, Conde de Peñalver y Narváez, cuya solución requeriría un estudio especial. Debiera buscarse otro emplazamiento más adecuado donde pueda quedar perfectamente resuelta su circulación, accesos y aparcamiento, formando parte de un plan de conjunto que estudie estos problemas en todos los grandes locales de espectáculos de Madrid.

El servicio de automóviles de alquiler, que por diversos motivos circulan excesivamente despacio obstaculizando el tráfico, requiere una reglamentación urgente, estudiando sus puntos de parada, velocidades medias, estado de los vehículos, número necesario y distribución por distritos, descansos, horas de punta, líneas de deseo de los usuarios y tarifas, y después una especial vigilancia sobre los vehículos y conductores para el cumplimiento de las normas adoptadas, en bien de la circulación general.

La reforma de las líneas de transporte colectivo de superficie (aparte de sus aspectos político y económico, por la insuficiencia de tarifas y capital) precisa un estudio técnico análogo al expuesto en el tema *I*. Los defectos generales: escasa velocidad de trayecto, excesivo número de paradas, líneas de tranvías coincidentes con las del metropolitano y falta de coordinación con este medio de transporte, requieren abordar el problema conjuntamente con la ordenación de la circulación general en las calles congestionadas por donde marchan, lo que está fuera de las posibilidades del Director de la Empresa Municipal de Transportes, a pesar de su probada inteligencia y capacidad.

La necesaria ampliación de las líneas del ferrocarril metropolitano podría orientarse según el tema *J* (salvando también los aspectos político y económico), pues los planes presentados por la Compañía del Metropolitano y el Director de la Empresa Municipal de Transportes (que no quiero analizar, por existir una comisión especial encargada de esta

misión) adolecen de puntos de vista particulares. Un proyecto satisfactorio requeriría un estudio detenido y completo por un equipo de especialistas, cuya duración no sería menor de un año. De haberse hecho así en un principio, o si se hubiese estudiado veinticinco años después, seguramente se hubiesen evitado algunos defectos de nuestra red metropolitana, tales como la unión general en la Puerta del Sol de todas sus líneas, falta de líneas transversales, no contar con la Gran Vía, en ejecución entonces, por la que ahora se propone una línea que crearía gravísimos problemas de circulación cuando se construyese, y ser sus estaciones demasiado cortas, por lo que no permiten la ampliación del número de unidades de los trenes. El plan para la implantación del metropolitano en Milán, recientemente aprobado, está muy bien formulado, pero cuenta con la experiencia de otras capitales europeas.

Con los ejemplos anteriores no intento esbozar un plan de ordenación del tráfico en Madrid, ni mucho menos apuntar soluciones para ello, que sólo después de detenidos estudios cabría proponer. Un artículo dedicado a formular unas bases para el planteamiento del problema de la circulación y transporte en nuestra capital sería muy diferente y requeriría disponer de datos que no poseo. Me doy por satisfecho si he sabido destacar la complejidad e interdependencia de estos problemas y la necesidad de

abordarlos, dentro de un plan de conjunto, con elementos básicos estadísticos y técnicos. Quizá el desorden más o menos aparente de este artículo haga resaltar más la conveniencia de la unidad de planteamiento y criterio cuando se quiera estudiar el caso de una población sin dejarse llevar de soluciones parciales, aunque hayan sido adoptadas en otras ciudades. Aunque la ciencia sea la misma, los datos y condiciones particulares son siempre diferentes, y cuanto más amplias y exactas sean las informaciones previas de que se pueda disponer, mayores garantías habrá de acertar con la solución.

Este artículo tiene un carácter general de exposición y de llamada de atención sobre estos problemas relacionados con el tráfico y los transportes urbanos, que debemos estudiar en España de una manera científica, sobre bases estadísticas, siguiendo las orientaciones iniciadas hace bastantes años por Norteamérica y seguidas hoy por todos los países civilizados. Estimo que las enseñanzas dadas en la Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, con su Laboratorio del Transporte, son suficientes como base para abordar ulteriores estudios de ingeniería de tráfico, pero sería conveniente que aquellos de nuestros compañeros que sientan afición e inquietudes por estos problemas ampliasen sus conocimientos, especializándose en esta técnica de indudable porvenir.

