

ANTONIO LÓPEZ GÓMEZ

## LOS FERROCARRILES METROPOLITANOS

Entre los variados problemas que plantea la gran ciudad, uno de los más agudos, y de más interés también desde el punto de vista geográfico, es el de las comunicaciones para grandes masas humanas entre los lugares de vivienda y de trabajo. El desarrollo de las urbes modernas es consecuencia de muy variados factores interdependientes: económicos, demográficos, sociales, etc.; pero el ritmo acelerado desde finales del siglo pasado ha sido posible, precisamente, porque las grandes distancias pueden salvarse mediante los transportes colectivos; basta recordar el colapso que origina cualquier huelga en ellos.

El movimiento urbano es doble al comienzo de la jornada; concentración de funcionarios y empleados desde las zonas de ensanche y periféricas hacia el núcleo comercial y administrativo, aunque en las urbes mayores se dibujan también centros secundarios en el ensanche. A la vez, dispersión de obreros desde los barrios modestos del casco antiguo y desde la periferia hacia los lugares de trabajo diseminados por la ciudad y, especialmente, hacia los emplazados en el contorno urbano; con ello es muy frecuente el desplazamiento de un extremo a otro de dicho contorno, pasando por el centro si la red de comunicaciones es radial. Debe sumarse también un contingente de estudiantes, de cierta importancia. Al final de la jornada tiene lugar el movimiento inverso, y en muchas ciudades —las sureuropeas entre ellas— se duplica con la larga pausa del mediodía, que, en muchos casos, permite realizar la comida en el hogar. A esos movimientos pendulares se une otro más difuso, pero también notable, de gentes a asuntos personales y negocios diversos, a compras, espectáculos y diversiones (por la tarde sobre todo), etc. El volumen total es extraordinario y en rápido aumento; por ejemplo, los viajeros en París pasaron de 67 millones en 1900 a 2.000 millones en 1936; en Madrid fueron 160 millones en 1919 y 920 millones en 1965.

Iniciados los transportes mediante vehículos de superficie, no tardaron

en presentarse en las grandes ciudades problemas que exigieron nuevas soluciones. En el centro, generalmente de calles demasiado estrechas, empezaron los síntomas de congestión a finales del siglo XIX y comienzos del actual. El tranvía había permitido el desarrollo urbano al unir rápidamente los diversos sectores del ensanche con el centro, pero no podía aumentar ya la capacidad del transporte; la sucesión de vehículo tras vehículo, en la pauta rígida de los carriles, determina la saturación cuando el número es grande. El motor de combustión interna se hallaba solo en sus comienzos y hubo de recurrirse a los ferrocarriles metropolitanos o "metros", de capacidad y rapidez mucho mayores y separados del tráfico normal. En bastantes casos se prolongaron después por las zonas periféricas, e incluso suburbanas, para resolver el alejamiento creciente de los lugares de vivienda y trabajo en el contorno o *banlieue*, función que se superpone a la inicial de tránsito en la zona central. Con el desarrollo posterior del automóvil y la congestión creciente de las calles céntricas, el tranvía fue sustituido allí por el autobús o trolebús, quedando relegado al ensanche o zonas periféricas, e incluso ha desaparecido por completo en algunas ciudades como Londres, Nueva York y París.

La función es también distinta según los sistemas de transporte, divididos en dos grandes grupos: lineares y distributivos. Los ferrocarriles urbanos y el metro son lineares; pero en las grandes urbes con red de metro muy densa, numerosas estaciones y fáciles transbordos, el metro es ya distributivo, sobre todo en el centro (París, por ejemplo); también lo es en relación con las estaciones de ferrocarril. Autobuses, trolebuses y tranvías son esencialmente distributivos; sólo adquieren el papel de lineares cuando forman haces de líneas y con pocas paradas (7, p. 16).\*

## CARACTERES GENERALES

### SISTEMAS ACTUALES

El metropolitano puede definirse, según Harbour, como un ferrocarril de viajeros dentro del sistema local de transportes en la zona urbana y suburbana próxima, separado de las comunicaciones normales de superficie y de los ferrocarriles nacionales. El trazado subterráneo es la solución más costosa, pero la mejor, ya que no interfiere el tránsito de superficie; por ello es la más aceptada y normalmente la única posible en el centro.

La circulación en superficie es mucho más económica, pero sólo factible si hay amplios espacios sin edificar, como ocurre en las zonas suburbanas; generalmente en foso o terraplén, aislado y con pasos subterráneos o eleva-

\* Los números entre paréntesis se refieren a la Bibliografía incluida al final. Las notas a pie de página se indicarán con números volados.

dos en los cruces con otros caminos; así es frecuente en la periferia de Londres (el 64 % de la red), Nueva York (44 %), Estocolmo (82 %), etc.

Los "elevados", sobre pilares de hierro, antiestéticos y ruidosos, sólo son posibles en ciudades de calles muy anchas y rectas, como Nueva York o Chicago, Berlín o Hamburgo, ya que molestan mucho para la circulación de superficie. En ocasiones sólo forman sectores de una línea por especiales circunstancias de avenidas amplias o difíciles obras subterráneas, por ejemplo, en alguna línea parisina, en Bruselas, Rotterdam, etc. Los elevados genuinos tienden a desaparecer en el casco urbano, como hace unos años en Nueva York, y también se proyecta la supresión del "Loop" o circuito del centro de Chicago. En cambio tienen bastante porvenir en zonas suburbanas y con arreglo a nuevas técnicas; así se han realizado varias líneas en Japón y otros países, como se verá después.

Un tipo especial son los suspendidos, con coches más ligeros. Hasta hace poco sólo existía la línea alemana de Wuppertal, de principios de siglo; con técnicas recientes se han construido ahora algunas otras.

Se estima necesario el metro, según coinciden casi todos los urbanistas, cuando una población rebasa el millón de habitantes y los movimientos entre el centro y la periferia son tan grandes que la circulación de superficie no es susceptible de mejora (25, p. 22). Sin embargo, por encima de 500.000 habitantes pueden darse ya esas circunstancias o al menos ser muy aconsejable el metro. Especialmente ocurrió esto a comienzos del siglo actual, cuando densas redes de tranvías confluían en el centro, y el autobús, mucho más ágil, estaba en sus comienzos; tal fue, por ejemplo, el caso de Madrid y Barcelona, con unos 800.000 habitantes cuando iniciaron sus respectivos metros; en nuestros días, por causas especiales, en Rotterdam (700.000 hab.) con el obstáculo del Mosa que divide la ciudad, en Oslo (460.000 hab.), etc.

La primera línea del mundo con tracción a vapor fue realizada en Londres en 1863, y también allí la primera electrificada en 1890 (los tranvías empezaron a electrificarse en el decenio anterior). Siguieron en Europa las pequeñas líneas de Budapest en 1896 (más bien tranvía subterráneo), de Glasgow en 1897 (tracción mediante un cable) y Viena en 1898 (a vapor, la mayoría al aire libre). Las grandes redes continentales se iniciaron en París (1900), Berlín (1902) y luego Hamburgo (1912); en seguida las de Madrid (1919) y Barcelona (1924), por tanto de las más veteranas; luego, la de Estocolmo (1933) y Moscú (1935). En Asia, la de Tokio comenzó en 1927. En América, el primer ferrocarril metropolitano se hizo en Nueva York en 1885, y en Chicago en 1892; pero el verdadero metro subterráneo o *subway* neoyorquino es de 1904, y por entonces los de Filadelfia (1903) y Boston (1908); luego, el de Buenos Aires (1914). Después de la Segunda Guerra Mundial se han construido numerosas líneas en las redes anterio-

res, así como nuevos metros en Lisboa, Roma, Milán, Leningrado, Kiev, Toronto, Montreal, Cleveland, etc.

Algunas redes tienen buena parte al aire libre, pero la mayoría son subterráneas y en galería única para las dos direcciones (separadas en el "tubo" de Londres). La tracción es siempre eléctrica, por cable aéreo o tercer raíl (en Barcelona, por ejemplo, hay los dos sistemas). Se suele emplear corriente continua de 500-600 voltios (Londres, París, Madrid, Estados Unidos, etc.), siguiendo el sistema de los tranvías que iniciara el de Richmond (Virginia) en 1888; sin embargo, hay cierta tendencia a elevar la tensión; por ejemplo, la primera línea de Barcelona (1924) es a 1.300 voltios (15, pp. 2-4). En los primeros tiempos no faltaron intentos de sustituir el vapor por máquinas eléctricas de acumuladores u otros sistemas, como la locomotora de aire comprimido del elevado de Nueva York (1882), de autonomía demasiado reducida; el proyecto de subterráneo en Londres de Sydenham (1865), por presión del aire al hacer el vacío en una boca, etc. (53).

La velocidad y el ritmo rápido, básicos en el transporte urbano, presentan rasgos especiales en el metro, ya que la circulación es única, sin interferencias; además se emplean trenes de varias unidades, mientras que los tranvías de dos y hasta tres remolques, o los autobuses articulados sólo son posibles en determinadas condiciones. Se unen así en los metropolitanos la gran capacidad del ferrocarril con el ritmo muy frecuente y regular; ello explica su gran potencia de transporte, muy superior a los demás sistemas urbanos.

Para conseguir veloz movimiento, los coches motores tienen alta velocidad de arranque, alcanzando en seguida marchas de más de 50 Km. hora, y asimismo frenos electroneumáticos muy eficaces, con todo lo cual se logran velocidades comerciales, es decir, incluyendo paradas, de 25-35 Km. hora o más. La frecuencia es variable, según las necesidades; lo más corriente es de dos a tres minutos, con buenas señalizaciones automáticas para evitar alcances; normalmente un tren no se pone en marcha hasta que el anterior abandona la estación precedente. En algunas redes se suceden a intervalos más cortos, pero han de contar con enclavamientos perfeccionados; se pueden conseguir así frecuencias de un minuto y medio, con paradas de sólo 20 segundos; por ejemplo, en Londres, en horas punta, en París, etc.

Sin embargo, el metro actual ya resulta insuficiente en las grandes ciudades, sobre todo en las horas críticas de entrada y salida del trabajo, aunque se escalonen aquéllas al máximo, por lo cual las líneas modernas se realizan con estaciones mayores, de más de 100 metros (105 m. en París y Milán, 120 en Rotterdam, etc.), para trenes más largos, como ya se hizo en Nueva York. Pero modificar las antiguas es muy difícil y costoso; por ejemplo, se ha hecho en la línea I de Madrid, en la cual los convoyes han pasado de

cuatro a seis unidades (1963); en París, en la 1 (1962) y en la 4 (1965); etcétera; otras veces es casi imposible por los cruces de túneles ya existentes y la complejidad de servicios subterráneos de una gran ciudad. Entonces se ha propuesto, por el francés Gérondeau, poner un vagón más, que, alternativamente, queda dentro del túnel en las estaciones, hacer eso con medio tren o que parte de él sólo sea accesible en cierta sección de la línea; pero la organización sería muy compleja y difícil la maniobra de puertas, etc. (119).

Los vagones son normalmente metálicos, y al circular a altas velocidades originan vibraciones y ruidos molestos, aumentados por la resonancia en los túneles. Se intenta evitar ahora mediante caucho en los apoyos de los carriles, en la suspensión y en el interior de las llantas metálicas de las ruedas; por ejemplo, en Milán (121); mejor aún sustituyendo estas últimas por neumáticos. En París, después de los primeros ensayos en 1932, se ha llegado a un sistema utilizado ya en la línea 1 (Neuilly-Vincennes), la más cargada, se prepara la 4 (Clignancourt-Orleans) y se va a extender a otras. Consiste en ruedas con neumáticos de gran resistencia, ligeramente mayores que las metálicas, sobre una pista exterior a las vías, y otras ruedas horizontales para guiado sobre una superficie vertical externa; se mantienen los raíles y las ruedas metálicas, pero sólo actúan para guiado en las agujas de cambio y en caso de pinchazo. El rodaje sobre neumáticos, además de la mejor suspensión, facilita la adherencia en las pendientes, el frenado y arranque; pero éstos, por comodidad de los viajeros, no pueden ser mayores de 1'45 m./seg.<sup>2</sup> y 1'30 m./seg.<sup>2</sup>, respectivamente; sólo en casos de urgencia se puede llegar a 2 m./seg.<sup>2</sup> También se ha equipado así el reciente metro de Montreal, en el cual se salvan rampas de 6 y hasta 7 %, mientras que en los clásicos el máximo es del orden del 4 % (4 % en París, 4'5 % en Madrid, etc.).<sup>1</sup>

Otra innovación interesante consiste en sustituir el hierro de las carrocerías por aleaciones de aluminio, mucho más ligeras y que no exigen pintura; circulan ya, por ejemplo, en Londres en las líneas Picadilly y Central (107).

Cuestión importante también es conseguir una circulación fácil de los viajeros en las estaciones y galerías de acceso. Para ello se amplía el número de entradas y se utilizan ascensores y escaleras mecánicas, extendidas hace mucho tiempo en Londres, París, Nueva York, etc., y cada vez más frecuentes. Los ruidos en las galerías son a veces molestos por la resonancia de los pasos y es difícil la limpieza de suelos; por ello se hacen ensayos de sustituir los actuales pavimentos rígidos, generalmente de cemento, por otros de caucho, que han dado buen resultado (87, 121). En cuanto al problema de taquillas y colas en las horas punta, se mejora con fichas especiales (Nueva York), máquinas automáticas de billetes, bille-

<sup>1</sup> Bibliografía núms. 8, 11, 86, 92, 94.

tes de abono, etc., o incluso la venta anticipada, mediante comisión, en los puestos de periódicos de las estaciones, lo cual resulta más barato que taquilleras, como se ha comprobado en Milán (121). La vigilancia se intenta sustituir por el control automático de billetes; así, en Londres se ensayan barreras electrónicas que se abren al introducir aquéllos en un dispositivo (100) y se usan ya en Montreal. También se emplea cada vez más televisión en circuito cerrado; en Milán, por ejemplo, una sola persona vigila las entradas y el andén; en algunas estaciones modernas de doble andén, en Barcelona, el conductor cierra así las puertas de su lado, etc.

#### TRANVÍAS SUBTERRÁNEOS Y FUNICULARES URBANOS

En ocasiones, el tranvía adquiere algunos caracteres del metro al circular en banda propia, sobre todo en zonas suburbanas, e incluso en forma subterránea. En tal caso, y utilizando convoyes de hasta tres unidades grandes, su capacidad se acerca bastante a la del metro. Sobre éste presenta, entonces, algunas ventajas, como el trazado mixto (normal en las calles y en túnel en zonas congestionadas), material ya en servicio, curvas más cerradas, etc. Hasta ahora son pocos los ejemplos de tranvías subterráneos, destacando Boston (que también tiene metro) con 15 Km. de líneas, la más antigua de 1898 y la más moderna posterior a la Segunda Guerra Mundial (fig. 9); en Bruselas, un tramo de 300 m. en la Place de la Constitution, construido para la Exposición de 1958; en tres plazas de Viena, y un tramo en Stuttgart para reunir varios trayectos, etc. En Alemania tiene numerosos partidarios este sistema, y hay proyectos avanzados en varias ciudades: Brema, Hannover, Colonia, Essen, Francfort, Düsseldorf, etcétera (7, pp. 21-24 y 143-53).

Un tipo especial, con capacidad reducida, es el funicular urbano, propio de ciudades con grandes desniveles que no pueden salvar los vehículos eléctricos normales. Constituyen líneas cortas, aisladas y, en la mayoría de los casos, de superficie; por ejemplo, en Lisboa, el de Montmartre en París, el de Pau entre la estación y el centro urbano, etc.; en trayectos muy cortos y calles muy pendientes, su finalidad es más bien evitar la molestia de subir que la de andar, es decir, función de ascensor, como el *cable-car* de San Francisco; e incluso verdaderos ascensores verticales, como el de Santa Justa en Lisboa (28, p. 14). Otras veces unen la ciudad con un monte próximo urbanizado o destinado a parque, como el Igueldo en San Sebastián o el Tibidabo de Barcelona (la nueva línea es de 1.152 m., con 280 de desnivel) (79), y no tienen genuino carácter intraurbano, aunque en parte circulen en túnel, como el de Montjuich, también en Barcelona. En ocasiones el recorrido subterráneo llega a ser dominante, como en Lyon en la colina de Fourvière, con 687 m., de un total de 815 (95 m. de desnivel), pero sólo capacidad de 1.560 viajeros hora, muy pequeña para un

transporte urbano (78); el más largo del mundo es el de Haifa, sobre neumáticos, con 1.750 m. de túnel y 280 de desnivel, que une la ciudad baja con el monte Carmelo; su capacidad es de 6.000 viajeros hora en ambos sentidos, pero aún inferior a los tranvías modernos (73, 77).

Menos aún pueden considerarse aquí los transbordadores aéreos urbanos, que cumplen funciones de recreo o turísticas, como en el puerto de Barcelona, en Río de Janeiro, etc., o los ascensores con análogo fin, como el del castillo de Santa Bárbara en Alicante.

#### NUEVOS SISTEMAS DE METROPOLITANOS

*Trenes expresos y automáticos.*—La necesidad de aumentar el movimiento para las crecientes masas urbanas impone soluciones nuevas, aparte de trenes mayores en las líneas en construcción; tales son los trenes expresos y la circulación automática.

Para largas distancias, lo mejor es disminuir el número de paradas y aumentar la velocidad mediante trenes especiales. Ya se hizo así el Subway de Nueva York, con vías para correos que se detienen en todas las estaciones y para expresos de mayor velocidad, con parada sólo en ciertos lugares; la solución es costosa, pero la mejor a largo plazo. En otros sitios se realizan líneas únicas de tipo expreso; así, en París se ha comenzado una (1961) de E. a W., de 16 Km.<sup>2</sup>, y se proyectan otras dos N.-S., que formarían una red regional, para velocidades de 100 Km. hora y comerciales de 40-60 Km., trenes de 220 m., para 2.500 pasajeros, cada dos minutos y medio, con capacidad para 50.000 viajeros hora en cada sentido; en Londres, una radial de 18 Km., estación Victoria-West End; otra para unir Buda y Pest bajo el Danubio, etc.<sup>3</sup>

El ritmo apenas se puede superar con los sistemas vigentes; sería necesaria la circulación automática y el control de tráfico centralizado, de tal forma que el convoy acelera, frena o para por sí mismo en señales y estaciones; sólo exige vigilante para las puertas y puesta en marcha. En efecto, según Constantin, la distancia entre trenes en París, en las horas punta, es de 455 m., seis veces superior a la necesaria para el frenado; por tanto, podrían ir más próximos mediante un "enganche electrónico", es decir, un sistema que actúa el frenado automático cuando la separación de los trenes disminuye de una cifra de seguridad prevista (121). Según otro proyecto americano, que, además, evita paradas, al llegar el convoy a las estaciones —sin detenerse— se desengancha automáticamente el vagón de cola, que se para en un andén lateral, mientras que se une otro coche en cabeza

<sup>2</sup> Luego se continuará por los extremos, absorbiendo dos tramos de ferrocarril modernizados, de St. Germain al W. y de Vincennes al E.; en total, 46 Km.

<sup>3</sup> Bibliografía, núms. 4, 22, 26, 27, 109.

lleno de viajeros; el sistema se puede combinar de varias maneras: en todas las estaciones, alternativamente, etc. (36, pp. 327-28).

La circulación automática, mediante impulsos de mando transmitidos por la vía y contadores electrónicos en los coches, se ensaya en Estocolmo, Nueva York, Londres (se espera implantar en la nueva línea Victoria); en París se va a realizar en las líneas 1 (Neuilly-Vincennes) y 11 (Châtelet-Mairie des Lilas), donde funcionan ya dos trenes, etc., y así es el metro de Montreal <sup>4</sup>.

Sistemas intermedios ya están en práctica; por ejemplo, en Milán un mecanismo automático vigila para el caso de no cumplir las señales o rebasar la velocidad máxima prevista y no hay jefe de tren, es el mismo conductor quien actúa sobre las puertas; en Barcelona se ha ensayado el cierre de puertas y puesta en marcha automáticamente, etc. (94, 121).

*Nuevos ferrocarriles metropolitanos.*—La carestía de los metros subterráneos y las dificultades que plantean los de superficie ha hecho pensar otra vez en los elevados y suspendidos de nueva concepción, muy adecuados en grandes avenidas o zonas periféricas.

Una de las novedades mayores es la utilización de neumáticos sobre pistas de cemento, con lo cual el rodaje es bastante silencioso y grande la adherencia; además, el montaje se realiza sobre estructuras de hormigón en T, de líneas airoas y ocupando poco terreno. Se vencen de esta forma los principales obstáculos —ruido y espacio— que presentaban los antiguos elevados.

Entre los sistemas de doble carril merecen destacarse el de la Westinghouse y el del español Goicoechea. El primero, desarrollado por dicha firma norteamericana, es un ferrocarril clásico muy perfeccionado, sobre plataforma y ruedas con bandas de goma, unidades ligeras de 20 plazas, acoplables en parejas, todas autopropulsadas y con mando electrónico (40, pp. 24-25). El sistema español, patentado en 1936, se debe al creador del Talgo el cual representa, en realidad, una etapa intermedia, (21); su originalidad reside, aparte de la ligereza y tamaño reducido, en la forma articulada sobre bastidores triangulares horizontales y ruedas independientes, como el Talgo, pero con neumáticos y pequeños motores autónomos y situadas en los costados, a media altura, de manera que el centro de gravedad del vagón queda a nivel de la pista de rodaje; unido esto a las ruedas horizontales de guiado hace imposible el descarrilamiento. El cambio de la red ferroviaria parece utópico, pero este sistema sería muy útil en líneas suburbanas, ya que ocupa poco espacio a los lados de las autopistas actuales, en la explanación de ferrocarriles cortos en desuso, etc.; por ejemplo, en Madrid, el servicio para el aeropuerto desde la futura terminal, ferrocarriles de Arganda y Colmenar, etcétera; elevado sobre plataforma también puede ser de tipo urbano.

<sup>4</sup> Bibliografía, núms. 2, 4, 84, 91, 93, 114 y 121.



Bastante porvenir presentan los monocarriles<sup>5</sup>. Entre los elevados, el sistema más conocido es el del sueco Alweg, desarrollado en Alemania en una línea experimental cerca de Colonia. El vehículo se mantiene a caballo sobre una pista con sección de T invertida mediante ruedas de sustentación y otras de guiado, todas de goma (fig. 1); la pista se dispone sobre platafor-

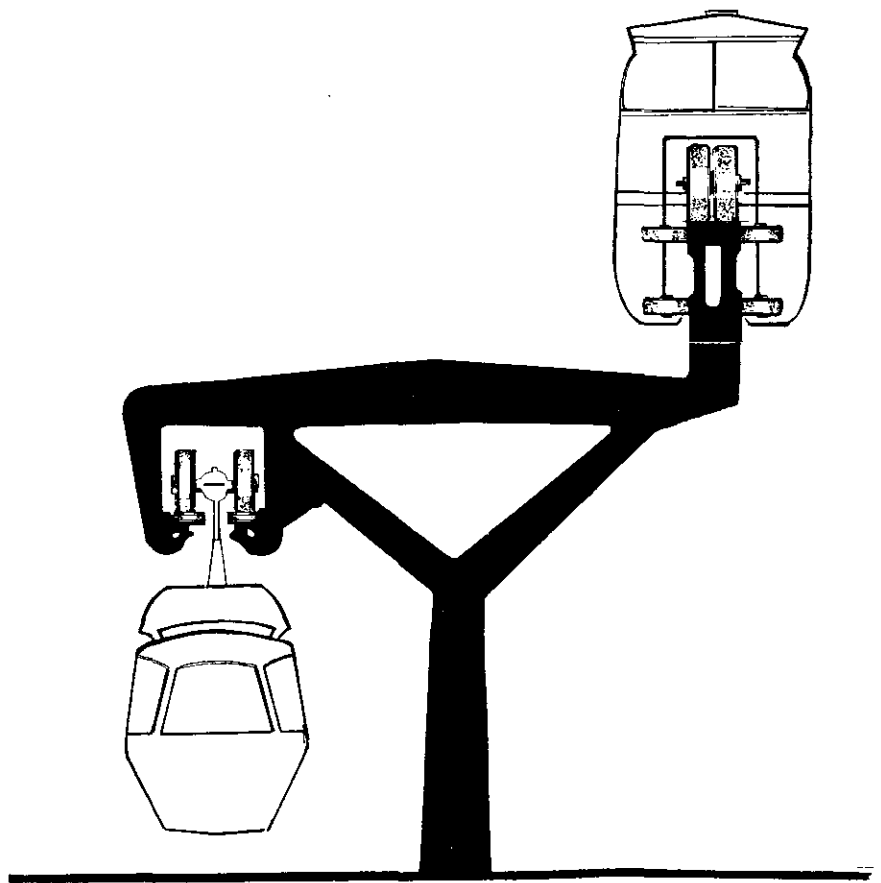


Fig. 1.—Esquema de los monocarriles con neumáticos. A la izquierda, suspendido (SAFEGE); a la derecha, elevado (Alweg).

<sup>5</sup> Fueron ya ensayados en el siglo pasado, por ejemplo, el elevado del francés Duchamps en la Exposición de Lyon (1872), con tracción por cable que llevó hasta 3.500 viajeros al día; hacia 1880 Lartigue concibió otro que circulaba a unos 80 centímetros de altura, que se utilizó en Orán para transporte de esparto, y en 1887 una línea de viajeros de 15 kilómetros, en el W. de Irlanda. Sobre carril en el suelo fue el de Larmenjeat (1868), los de equilibrio mediante giróscopos de Scher, en Alemania y Brennan, en Inglaterra (1909), etc. (3).

ma de hormigón armado, que ocupa poco espacio, incluso puede ir al lado de una carretera actual; se acoplan en trenes, su rapidez es grande, no son posibles los descarrilamientos, resultan bastante baratos y salvan fuertes rampas (hasta el 10 % en Seattle); en cambio, el consumo de energía es alto y complicados los cambios de agujas y cocheras. Su mayor utilidad es en líneas especiales, para comunicar el centro con un lugar concreto en el cual se concentre mucho movimiento. Así se hizo en Estados Unidos, en 1962, el monocarril elevado de Seattle (1'6 Km.) para la Exposición Mundial, el de Dallas para la feria de Texas y el de Disneyland, de tamaño reducido; una línea de 1 Km. en Turín (1962), pero la explotación se ha detenido debido a su aislamiento; en el Japón, los pequeños del parque de Yomuri (2 Km.) e Inuyama (1'4 Km.), al NE. de Nagoya, y, sobre todo, el de Tokyo para el aeropuerto internacional de Haneda (1964), con 13 Km., parcialmente sobre la bahía, que salva en 15 minutos, a una media de 60 Km. hora y puntas de 130 Km., trenes de 6 vagones para 480 viajeros, con ritmo de 7 a 10 minutos<sup>6</sup>.

Otro sistema son los suspendidos. La primera y hasta hace poco única línea es la alemana de Wuppertal, de 1903, con 13 Km., en gran parte sobre el río Wupper mediante soportes metálicos en ángulo, y en las calles en forma de pórtico cuadrado, con pequeños vagones; sólo lleva unos 42.000 pasajeros diarios. Se experimentó también en Gran Bretaña en 1925 y desde 1957 funciona una línea en las afueras de Houston (Texas), así como otra de pequeña longitud y velocidad reducida en el parque zoológico de Tokyo; todas son de suspensión lateral. Pero el sistema más prometedor es el realizado por el grupo francés SAFEGE en un trayecto de pruebas en Chateneuf-sur-Loire (1960), donde se han logrado hasta 100 Km. hora. Los vagones, con suspensión central, circulan colgados de ruedas con neumáticos sobre pista de hormigón y otras ruedas horizontales de guiado; la pista está cubierta para evitar la lluvia o nieve, que afectan tanto a la adherencia (fig. 1). La sustentación es muy ligera, con postes de 1 m<sup>2</sup> cada 30 m. El movimiento es suave y poco ruidoso; puede alcanzar velocidades comerciales de 45-55 Km. hora con trenes de seis coches y 150 pasajeros cada uno, a intervalos de dos minutos, lo cual supone unos 27.000 pasajeros hora, y en horas punta, con 8 vagones, 40.000 viajeros hora, cifras similares al metro, mientras que la construcción es mucho más barata (1/6 a 1/8). Según este sistema se ha realizado la línea japonesa de Nagoya (1964); se ha iniciado otra en Londres, de 32 Km., para unir el aeropuerto de Heathrow con la terminal urbana, y otra en San Francisco, con análoga finalidad; se proyectan en París para 1967, en la frontera de Estados Unidos y México (entre El Paso y Ciudad Juárez), en Kiev y en Moscú, especialmente una para el aeropuerto<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> Bibliografía números 17, 18, 40, 50, 102, 110, 112.

<sup>7</sup> Bibliografía números 17, 40, 45, 102, 115, 118.

LÁMINA I

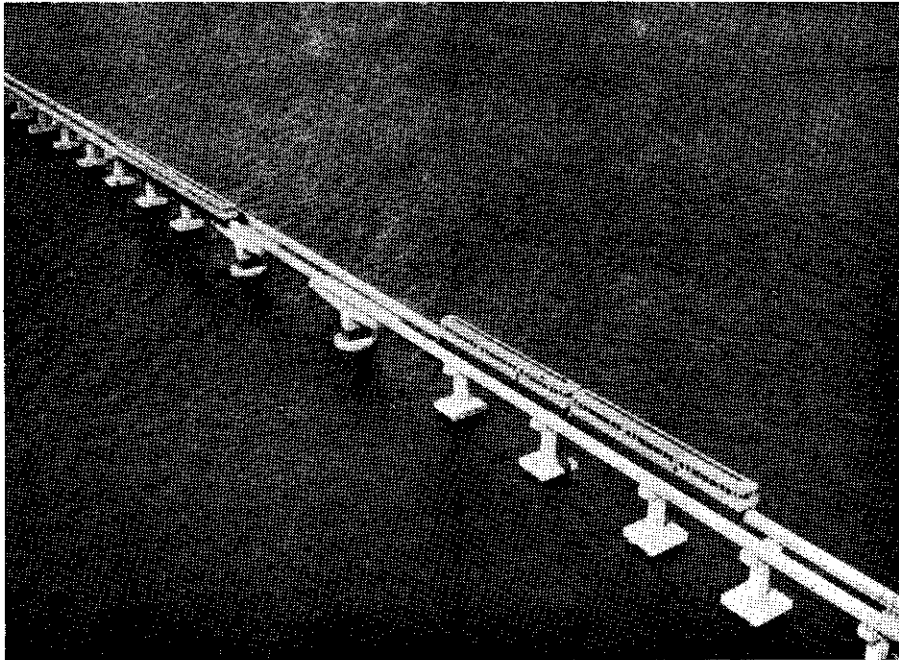


Fig. 1.—Monocarril elevado con neumáticos de Hancock (Tokyo), cruzando sobre la bahía.

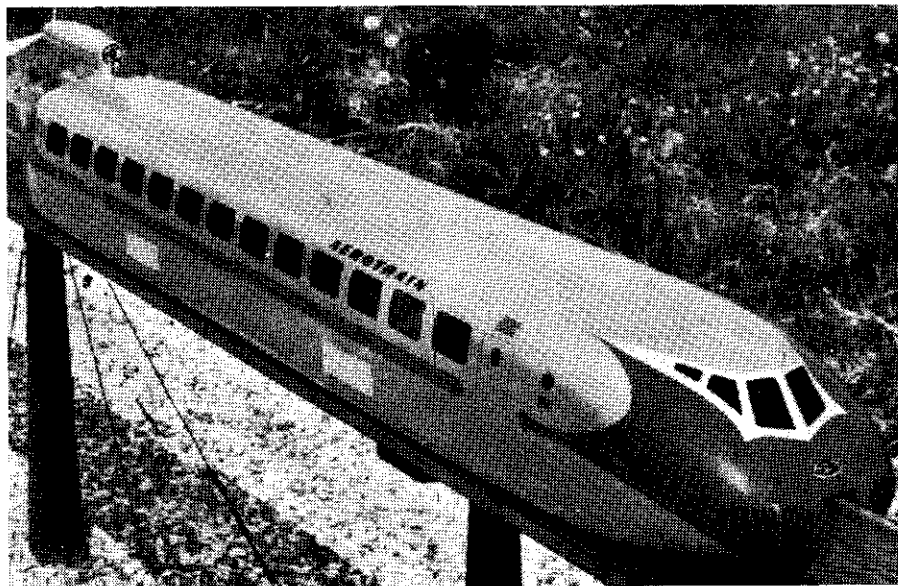


Fig. 2.—Maqueta del aerotrén Bertin, deslizando sobre colchón de aire y movido a turbopropulsión con hélice.

LÁMINA II

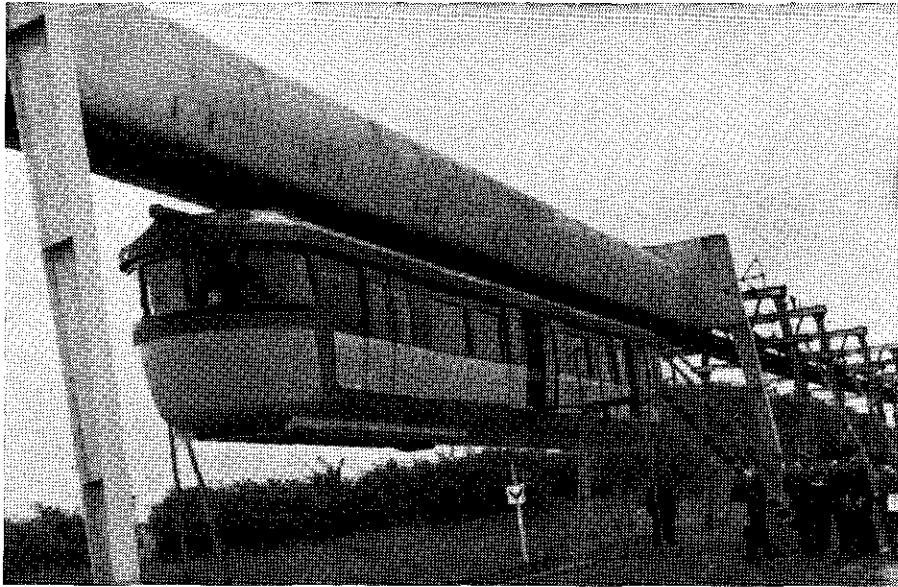


Fig. 1.—Monocarril suspendido SAFEGE. Trayecto de pruebas de Chateneuf-sur-Loire. (Foto M. Jordán.)

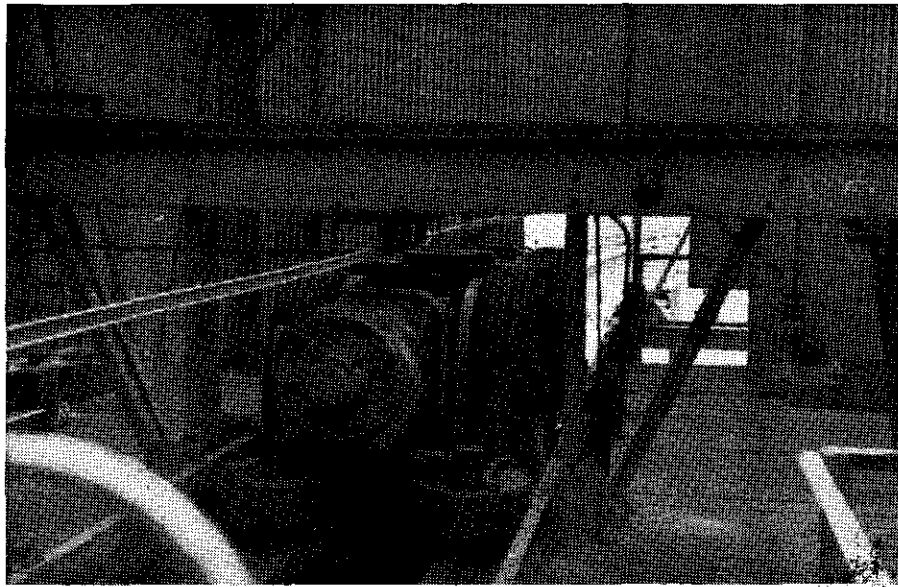


Fig. 2.—Detalle de los carretones de suspensión. (Foto M. Jordán.)

Modificación más revolucionaria todavía es el aerotrén sin ruedas, sobre colchón de aire, sistema ya utilizado en el transbordador marino británico Hovercraft. Consiste, como es sabido, en el movimiento sobre una delgada capa de aire comprimido, a manera de colchón, que mantiene el vehículo ligeramente elevado sobre la superficie de deslizamiento. La idea es ya del siglo pasado<sup>8</sup>, pero la técnica de entonces no permitía el desarrollo eficaz, ni tampoco era necesidad evidente. En nuestros días, en cambio, la tecnología de los compresores, la aerodinámica, las aleaciones ligeras y los nuevos motores hacen ya posible su realización. Las ventajas son muy grandes: supresión de rozamientos, por tanto menor gasto de energía y velocidad muy grande, más seguridad y comodidad; para zonas urbanas se añade la ausencia de ruidos.

La misma sociedad Hovercraft realiza activos estudios con motores eléctricos de inducción lineal para alcanzar hasta 480 Km. hora, capaz de competir con los aviones<sup>9</sup>. En Francia, el modelo concebido por Bertin puede circular a 200-300 Km. hora para enlaces de tipo ferroviario en distancias de 100-500 Km.; en recorridos menores, de 20-100 Km., a 150-200 Km. hora, con impulsión por hélices; en circulación urbana puede llegar a 50-100 Km. hora con propulsión por roldanas. Esencialmente es un monocarril también sobre pista de cemento en T invertida, pero las ruedas están sustituidas por almohadillas de aire de unos centímetros de espesor, unas debajo, para suspensión y deslizamiento, y otras en el centro del vehículo, para guiado contra la pista vertical interior; incluso podrían ir sobre las vías del metro actual, añadiendo un carril en canalón a los lados y otro central con ruedas horizontales opuestas para guiado. En Francia ya se está haciendo una línea experimental de 6 Km. en Versailles. En Estados Unidos, pero con finalidad regional, para enlazar las ciudades del Este, se piensa incluso en túneles circulares, con el colchón de aire envolviendo trenes en forma de cigarro, con turbopropulsores para lograr velocidades de 500-600 Km. hora, y más de 1.500 Km. hora con reactores, según el proyecto de Foa; en cambio, Edwards ha vuelto a la vieja idea del tren sin motor, aplicando el vacío en un extremo, para alcanzar 350 Km. hora (1, 17, 116).

Prescindiendo de los sistemas que propugnan velocidades superiores a los 100 ó 150 Km. hora, inaplicables en nuestras ciudades actuales, las ventajas de los tipos nuevos son indudables, pero también sus limitaciones. Entre éstas destacan la dificultad de realizar redes completas y la falta

<sup>8</sup> Entre 1861 y 1921 se hicieron proyectos en diversos países. En Francia, por ejemplo, el de Girar sobre colchón de agua, que llegó a funcionar en París en la Exposición de 1889, o el posterior de Taric, ya sobre aire (53).

<sup>9</sup> En vez del motor rotario clásico, se colocan una plaza conductora entre las vías y un embobinado debajo del coche; el campo de fuerzas creado obliga a deslizarse el vehículo (44, pp. 58-59). Con ello, las ruedas son sólo elemento de sustentación y se pueden sustituir por colchón de aire.

de experiencia en sus resultados; por ello sólo se han hecho o proyectado líneas aisladas, y muchos urbanistas son escépticos respecto a su porvenir (36, pp. 326-27). Cuando se trata de redes enteras se prefiere aún el sistema clásico de rodadura sobre carriles metálicos y en subterráneo dentro del casco urbano. Muy representativo es el caso de San Francisco. El informe de una comisión especial para una gran red de realización inmediata compara los diversos modelos teniendo en cuenta todas las exigencias: capacidad de 30.000 viajeros hora en cada dirección, adaptabilidad a los tres niveles (normal, subterráneo y elevado), velocidad comercial muy alta (80 Km. hora y máxima de 128 Km.), comodidad, coste de construcción y explotación, etc.; la conclusión es aún favorable para el sistema clásico, con todos los adelantos de automatización, control electrónico, etc. (40, pp. 26-28). Sin embargo, no faltan ejemplos de decisión en favor de los nuevos elevados, como la Massachusetts Bay Transportation Authority (29, pp. 6-7).

## TIPOS DE RED

### GRANDES REDES DE METRO

Las grandes redes de Londres y París tienen forma compleja, con líneas radiales rectas o sinuosas y otras circulares o transversas. El centro urbano es muy grande y la red de metro muy densa; por ello, y también para evitar la intersección en un solo punto (las de tres líneas ya son complicadas, hasta cuatro en la Place de la République), las líneas radiales cruzan por muy distintos lugares y, unidas a las otras, originan una figura reticular complicada; de forma esquemática podría definirse como una tela de araña policéntrica (figs. 2 y 3). En ciudades modernas, como Nueva York, el centro es ya de plano cuadrículado y la red adopta allí una forma de reja, siguiendo las calles (fig. 4).

Estas redes complejas facilitan el tránsito en todas direcciones y son el más eficaz medio de comunicación urbana. Los tranvías han desaparecido totalmente sustituidos por autobuses.

*Londres.*—Como ya se dijo, allí funcionó el primer metro subterráneo, el 9 de enero de 1863, entre las estaciones de Farringdom Street y Baker Street, de una línea a vapor de 6 Km. de la North Metropolitan Company, realizada de acuerdo con los ferrocarriles cuyas terminales unía mediante un trazado semicircular. Denominado despectivamente "sewer train" o tren de alcantarilla, su utilidad fue evidente, alcanzando 10 millones de viajeros el primer año. Fue su promotor George Pearson, procurador de los tribunales, y en lucha con los partidarios del elevado, preconizado por Cummings, que se hizo en Nueva York. Como dato curioso puede señalarse que, agotado el capital en las obras, se utilizaron vagones de ferrocarril pres-

tados, en los cuales sólo se permitía viajar sentados en las banquetas o en el suelo, pues se creía peligroso ir de pie (86). En 1884 alcanzaba ya 20 Km., y por entonces James Greathead ideó realizar nuevas líneas a gran profundidad, con galerías separadas para cada vía mediante tubos de hierro fundido de 3'65 m. de diámetro, en piezas remachadas; de ahí el nombre popular de "tub" que recibe el *Underground* londinense. En 1890 se inauguraba la primera línea en tubo y eléctrica.

El desarrollo posterior fue rápido, hasta alcanzar 393 Km. en siete líneas con 275 estaciones, a una distancia media de 1.340 m., y alta velocidad comercial de 33 Km. hora. Por la forma del túnel, en la mayoría de las líneas los coches son bajos y de sección redonda; va a profundidades muy variables, desde 6 a 76 m., con 175 Km. de túnel (el 36 %), mientras

## REDES DE METROPOLITANOS

	Inauguración	Longitud en Km.			Viajeros diarios en 1.000	Viajeros anuales en 1.000	Por Km. millones
		Túnel	Superf.	Total			
Nueva York	1885	216	165	381	3.850	1.405.250	3'68
París	1900	160	9	169	3.400	1.241.000	7'34
Londres	1863	142	251	393	1.400	511.000	1'30
Madrid	1919	29		29	1.181	431.065	14'86
Tokio	1927			43	825	301.125	7'0
Berlín Oeste	1902	51	18	65	615	224.475	3'45
Chicago	1892	15	116	131	480	175.200	1'33
Barcelona	1924	18		18	478	173.010	9'61
Estocolmo		7	33	40	440	160.000	4'01
Hamburgo	1912	18	54	72	430	156.950	2'17
Boston	1908	15	30	45	381	142.715	3'17
Viena	1898	6	21	27	250	91.250	3'37
Toronto	1954	5	2	7	233	85.045	12'14
Glasgow	1897	11		11	76	27.740	2'52
Roma	1955	6	5	11	44	16.060	1'46
Moscú	1935	77		77	2.739	999.900	12'98
Buenos Aires	1914	30		30	1.096	400.040	13'33
Osaka	1933			17	548	200.020	11'76
Filadelfia	1908	29	18	47	367	133.955	2'85
Leningrado		14	0	14	260	94.900	6'77
Nagoya	1957			3	49	17.885	5'96
Cleveland	1955	21		21			
Lisboa	1959	7		7			
Budapest	1896	3	1	4			
Montreal				37			
Milán				12			
Oslo				27			
Rotterdam				5			

(Fuente: Cifras de la parte superior, según BOCKEMÜHL, 1963; de la parte inferior y fechas, según HARBOUR, 1962.)

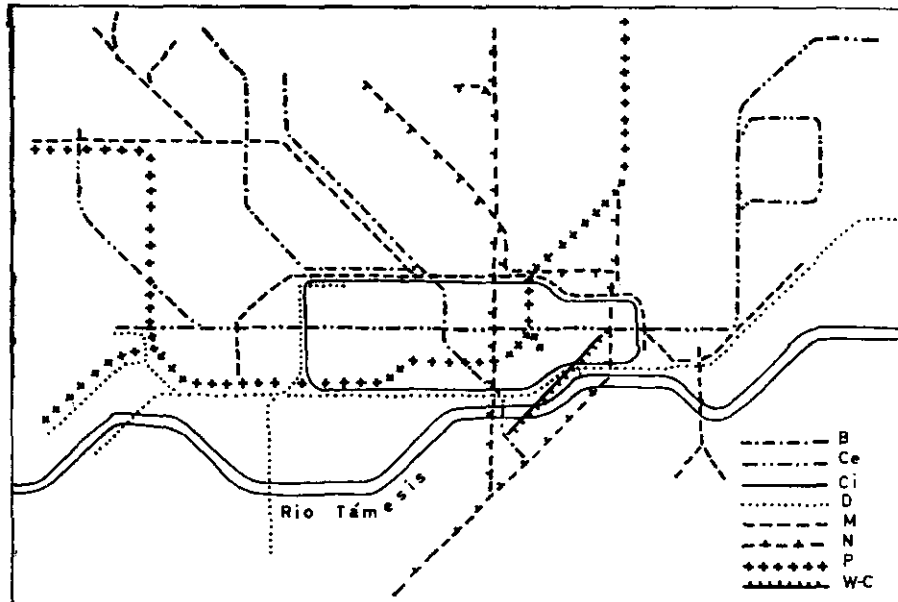


Fig. 2.—Londres. Diagrama del Metro. Red muy densa. Líneas radiales policéntricas y circuito interior (Circle, bucle medio de Northern). Líneas: B, Bakerloo; Ce, Central; Ci, Circle; D, District; M, Metropolitan; N, Northern; P, Picadilly; W-C, Waterloo and City.

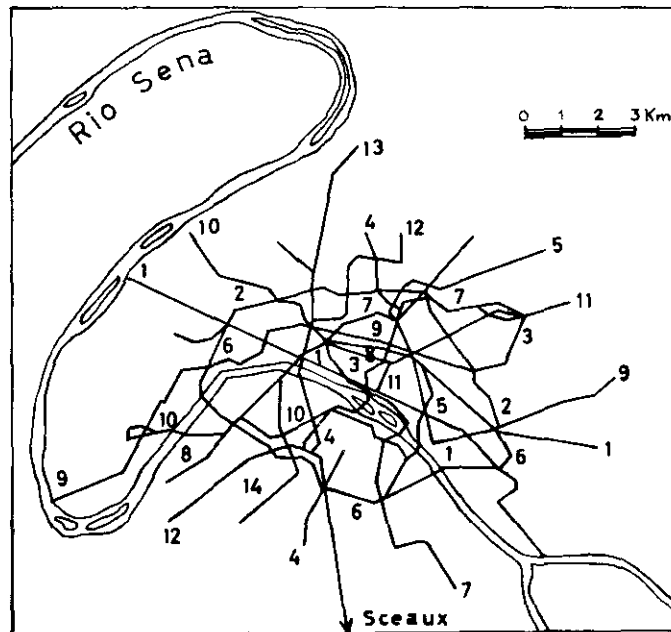


Fig. 3.—París. Red del Metro. Líneas radiales policéntricas y circuito interior (líneas 2 y 6).



que se halla al aire libre en estaciones del ensanche y sobre todo en sectores periféricos y suburbanos, que sirve ampliamente. En construcción, la línea expreso Victoria, de 18 Km.

Las líneas, de largas prolongaciones periféricas, como se acaba de indicar, atraviesan el centro en muy diversos puntos y tienen numerosos contactos; por ello los circuitos interiores son fáciles y además están la línea Circle —circular interna— y el extenso bucle medio de la línea Northern. En total transporta 511 millones de pasajeros, lo que supone sólo 1'3 millones por Km.<sup>10</sup>, cifra muy reducida; salvo las horas punta, es un metro sumamente cómodo, en el cual buena parte de los viajeros permanecen sentados. A pesar de la extensa red ocupa un lugar muy secundario frente a los transportes de superficie, hoy únicamente autobuses, con numerosísimas y bien servidas líneas, tanto las "rojas", con los clásicos vehículos de dos pisos y viajeros sentados, como las "verdes" aceleradas; por ejemplo, en 1949 los viajeros del metro (641 millones) sólo representaron el 14 % de los transportes públicos (16, p. 66), caso verdaderamente único en las grandes ciudades. Los servicios, antes de varias compañías, están hoy a cargo de la corporación autónoma *London Transport*.

*París.*—El primer proyecto de metro data de 1885, para llevar por ferrocarril las mercancías a los mercados centrales; en 1871 el Consejo del Sena planeó ya una verdadera red según el ejemplo de Londres, pero se chocó siempre con la oposición del gobierno, que deseaba emplear el subsuelo de la capital para enlazar las estaciones ferroviarias. Finalmente, las necesidades de la Exposición de 1900, para la cual el municipio parisino prestó un decidido apoyo, zanjaron la cuestión; en 1889 empezaron las obras, y el 19 de julio de 1900 se inauguraba la primera línea, de 5 Km., Porte de Vincennes-Porte de Maillot. F. Bienvenue fue su pionero y director de trabajos durante muchos años. El desarrollo fue rápido, con 6 líneas y 63 Km. en 1910, que suponía el primer plan; luego, más lento, 157 Km. en 1938, y prosiguió después de la Guerra Mundial hasta 169 Km. (más los 20 de la línea exterior de Sceaux). En construcción, la línea expreso E.-W., ya citada. Pertenece el metro a la corporación RATP (*Régie Autonome des Transports parisiens*).

La red es esencialmente urbana y muy densa, con 274 estaciones y numerosos enlaces laterales en sus 14 líneas, que cruzan en todas direcciones: la 2 y la 6, que forman un circuito interior, y once ramales cortos a la *banlieue* inmediata, aparte la línea larga de Sceaux (fig. 3); los trenes, cada minuto y medio. Aunque hay alguna pequeña sección al aire libre, la casi totalidad es en túnel (94 %), incluso cinco de las ocho veces que atraviesa el Sena. La profundidad es variable, llegando hasta 30 m.; la galería es de vía doble, con estaciones de 75 m. al principio, pero desde 1926 se ha

<sup>10</sup> Salvo excepción, que se indica, referimos los datos al cuadro general (1962 y 1963).

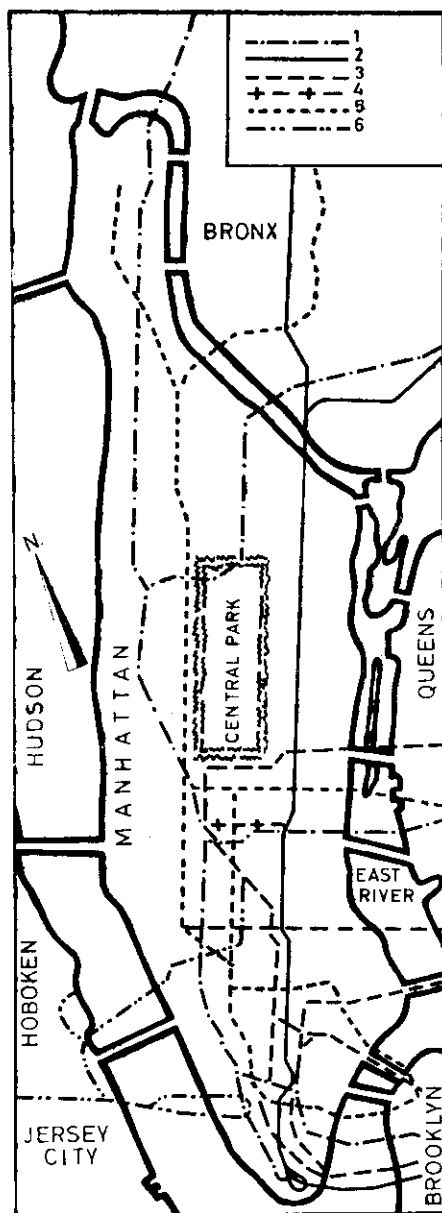


Fig. 4.—Nueva York. Manhattan. En el N., líneas longitudinales; en el S., transversales, que luego pasan a Queens y Brooklyn. Líneas del Subway: 1, IRT West Side; 2, IRT East Side; 3, BMT; 4, enlace de la calle 42; 5, IND; 6, Hudson Tubes.

procurado ampliar a 105 m., para trenes más largos, y así se han hecho las líneas posteriores. Además de los aparatos de ventilación normales se añade, como original nota, la utilización de antisépticos perfumados para mejorar el ambiente (83, 88). Las ruedas con neumáticos se usan ya en la línea 1 y se van a extender a otras (vid. p. 159).

Es un metro muy concurrido y de los más eficaces; en 1949 sumó 1.282 millones, frente a 857 los autobuses; luego bajó ligeramente al mejorar éstos, a 1.167 millones en 1960, y ha vuelto a subir a 1.241 millones (7'3 millones por Km.).

*Nueva York.*—Fue comenzado el *Subway* en 1904, municipalizado en 1940 y luego transferido a la semi-autónoma *New York Authority Transit*. Con vías para trenes correos y expresos, y estaciones —de dos pisos en el centro— para convoyes de hasta 10 vagones, su capacidad es el doble de los metros normales. La red alcanza 381 Km. y su enorme tráfico supera al de superficie: 1.405 millones de viajeros, con 3'7 millones por Km.

La red se desarrolla principalmente en la alargada isla de Manhattan. En el N., en forma de cuatro líneas longitudinales paralelas, que luego atraviesan el Harlem River hacia Bronx; mientras que en el S. son cinco, con bifurcaciones perpendiculares, las cuales dan al conjunto la forma de reja, y luego pasan el East River hacia Queens y Brooklyn. En cambio, el Hudson sólo está cruzado en el S. por las dos líneas de los *Hudson Tubes*, que comunican con Jersey City y Newark (fig. 4).

## REDES INTERMEDIAS

Otro tipo de red, intermedia y menos compleja, se caracteriza por el predominio de líneas radiales que se cruzan en un punto o en una zona pequeña, y sólo hay alguna circular o transversal; se inicia así la forma radiocéntrica o en tela de araña simple, regular, como en Moscú (fig. 5), o irregular, como en Madrid (fig. 10). Finalmente, el tipo más frecuente es la red exclusivamente radial, con diversas líneas que atraviesan el centro; como ejemplo de gran red de ese tipo puede citarse Tokyo (fig. 6) o Chicago (fig. 8); menos importantes, Boston, Estocolmo, etc. Los enlaces son mucho más incompletos, salvo en el centro mismo, pero el tránsito es a veces muy intenso precisamente por esa función radial dominante, que concentra grandes masas humanas.

Por su extensión y enorme movimiento destacan, en primer lugar, Moscú y Tokyo.

El metro moscovita se desarrolló de manera rapidísima, desde la primera línea en 1935 hasta los 77 Km. actuales y varias secciones más en construcción. La red es radial (intersección en el centro, cerca del Kremlin), siguiendo el crecimiento tentacular de la ciudad a lo largo de los grandes

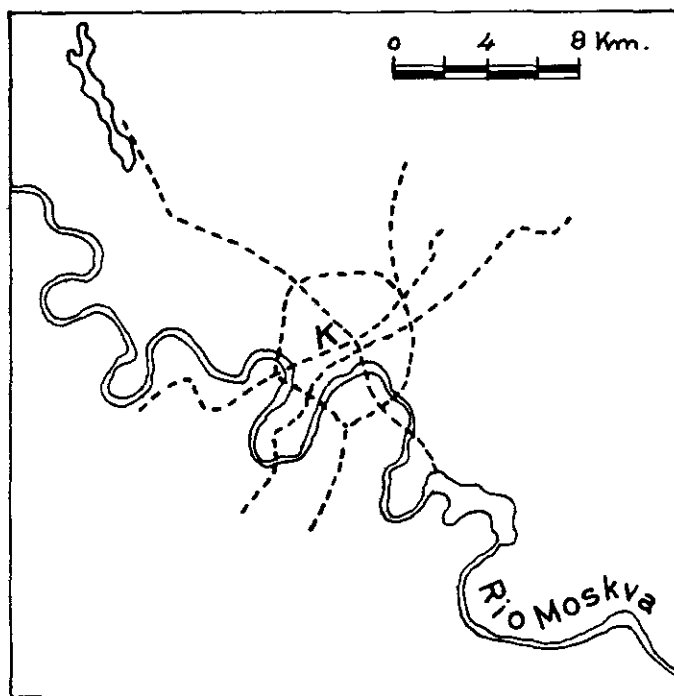


Fig. 5.—Moscú. Red radioconcéntrica. K, Kremlin.

caminos, y una última línea de circunvalación interior, que sigue aproximadamente el límite de la ciudad antigua (fig. 5). Las estaciones están muy separadas (media 1.500 m.) y la velocidad comercial muy alta (38 Km. hora). Es original por su fastuosidad, según la teoría socialista de aplicar las técnicas y las artes antaño reservadas a los palacios e iglesias (19, p. 355); sin embargo, las últimas líneas tienen ya un estilo más estrictamente funcional. El progreso es muy rápido, ya que para los urbanistas soviéticos los transportes colectivos son esenciales, mientras que el automóvil (particular o taxi) es totalmente secundario (23, pp. 175-76); además, las abundantes nieves dificultan el tráfico de superficie en invierno. El movimiento

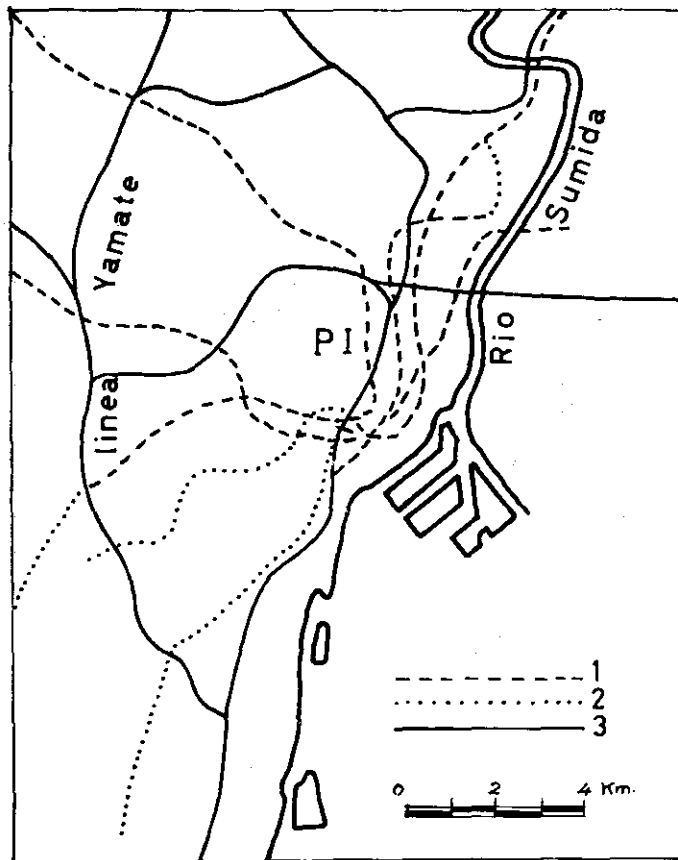


Fig. 6.—Tokyo. Red radial. 1, Metro; 2, íd. en construcción; 3, ferrocarriles nacionales. No se incluyen los numerosos ferrocarriles privados que terminan en la línea circular Yamate. PI, Palacio Imperial (según Hall).

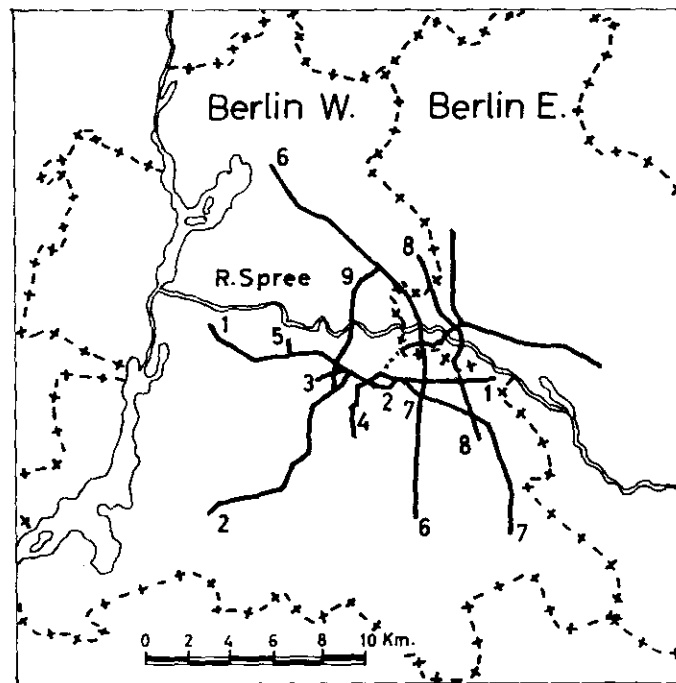


Fig. 6-bis.—Berlín. Red radial policéntrica. Numeradas las líneas de Berlín-Oeste; en las 6 y 8, que cruzan por Berlín-Este, los trenes no paran en dicho sector.

del metro es por ello muy grande, 1.000 millones de viajeros, lo que supone 13 millones por Km., uno de los mayores del mundo.

La aglomeración de Tokyo tiene un tráfico enorme, de colosales congestiones en el centro durante las horas punta. El 32 % de los pasajeros es transportado por los ferrocarriles eléctricos del Estado con la línea Yamate, en forma de lazo, que une la estación central de la ciudad y los sectores de negocios y diversiones del centro con otros puntos secundarios importantes (fig. 6); otras siete compañías privadas (14 líneas) mueven el 23 % de los viajeros, pero no penetran dentro del círculo de Yamate. Por tanto, la solución es el transporte de superficie y el metro. Iniciado éste el 30 de diciembre de 1927, tiene hoy seis líneas radiales con 76 Km. (estaciones a 900 m.) y están en construcción varias prolongaciones. El movimiento es grande y en progreso continuo: de 301 millones de viajeros con 43 Km. de líneas (7 millones por Km.) ha pasado a 675 millones en la actualidad con 76 Km. (120), lo cual supone la elevada cifra de 8'9 millones por Km.; las enormes aglomeraciones en horas punta explican el hecho sorprendente de existir grupos de estudiantes dedicados a empujar y com-

primir a los pasajeros para entrar en los vagones (1) (23, p. 228). Los problemas son extraordinarios y está en marcha un gran plan para llegar a 262 Km. en diez años (120). Recuérdese además el rápido monocarril elevado entre el aeropuerto internacional y el centro.

En un segundo grupo pueden incluirse después otras grandes ciudades con redes también importantes por la longitud o el movimiento, tales son Berlín, Hamburgo, Chicago, Madrid, etc.

El metro de Berlín (*U-Bahn* o *U-Bahn*) cuenta con 95 Km., en 81 % subterráneo. La intensidad de tráfico era pequeña, 142 millones en total, sólo 1'6 millones por Km. (26, pp. 20-21), pero después ha subido a 224'5 millones (3'4 millones por Km.) en Berlín Oeste, donde están la mayor parte de las líneas (65 Km.). Algo menor, el de Hamburgo (72 Km., la mayoría al aire), tiene un tránsito de 157 millones de viajeros, que supone 2'2 millones por Km. Según un gran plan, se ha de aumentar al doble, y las estaciones principales serán concebidas como centros de transbordo, teniendo en cuenta los ferrocarriles urbanos (65 Km. en la actualidad, y se piensan duplicar); el metro corresponde a la empresa mixta Hochbahn A. G., que paga la superestructura, mientras que la infraestructura la realiza el Land de Hamburgo (7, p. 125).

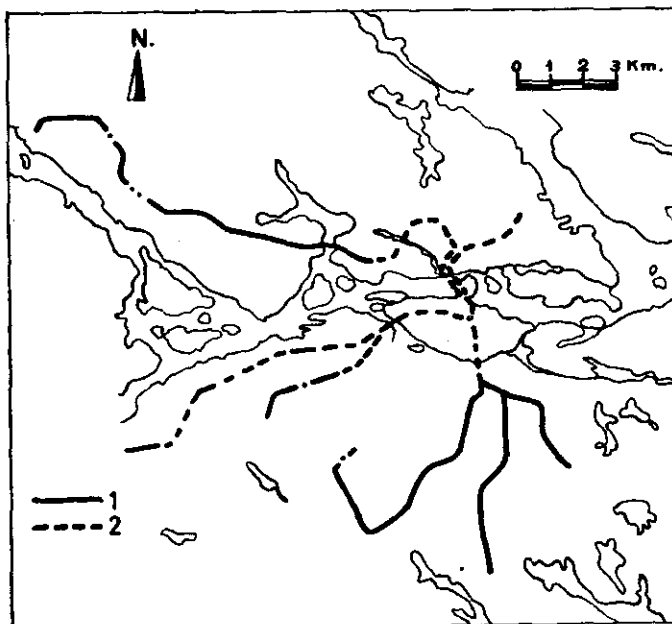


Fig. 7.—Estocolmo. Red en forma radio-radicular. 1, líneas de superficie; 2, íd. en túnel (según Bockemühl).

La primera línea del metro en Estocolmo (*Tunnelbana*) es la del S., de 1933; luego, la del N., en 1952, y la prolongación del SW., en 1964 (fig. 7), con túneles de hormigón prefabricados para cruzar, a 9'6 m. debajo del agua, la comunicación del lago Mälär con el Báltico.

De sus 40 Km. sólo 7 son en galería y tiene bastante movimiento: 160 millones de pasajeros, que supone 4 millones por Km.

La red de Chicago, comenzada en 1895, es en su mayoría de superficie, con líneas radiales y un bucle elevado en el centro ("Loop")<sup>11</sup>. Aunque muy extensa (131 Km., sólo 15 en túnel), es de poco tránsito, 175 millones de viajeros, es decir, 1'3 millones por Km. El metro de Filadelfia (iniciado en 1908) mide 47 Km. (30 en túnel) y su movimiento es de 134 millones de personas, o sea, 2'8 millones por Km. Parecido es el de Boston, con 45 Km.

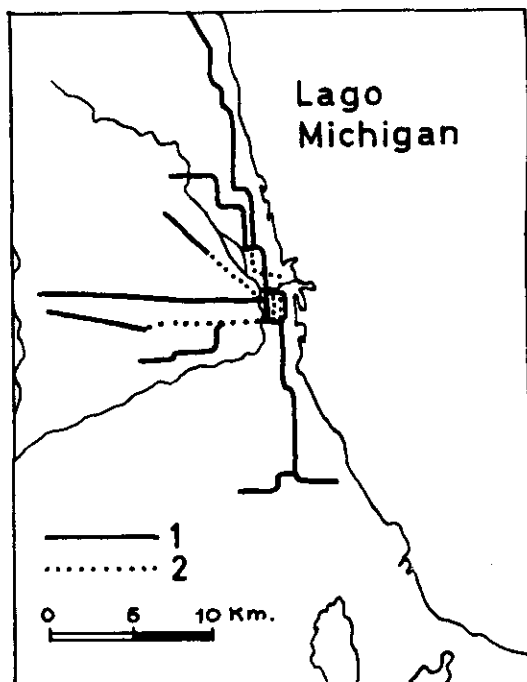


Fig. 8.—Chicago. Red radial. 1, líneas de superficie; 2, íd. en túnel.

(sólo 15 en galería) y 143 millones de viajeros (3 millones por Km.) (fig. 9), aparte de los tranvías subterráneos en el centro, ya citados.

La red de Buenos Aires (comenzada en 1914) es más reducida (30 Km., en túnel), con una línea paralela al estuario y dos perpendiculares, pero gran tránsito, 400 millones de personas, que supone una media de 13 millones por Km., es decir, uno de los metros más concurridos del mundo.

#### EL METRO EN ESPAÑA

En España el desarrollo fue bastante temprano, como ya se indicó. La primera línea madrileña, de 3'6 Km., es de 1919, prolongada en 1921 y 1923; la segunda, de 1924-25; en total, 14'8 Km. en la última fecha. En 1936 medía ya 20'6 Km., y después de la guerra civil ha llegado a 33'3 Km., con

<sup>11</sup> En medio de las nuevas autopistas urbanas se dispone también, como la línea de 15 kilómetros, en la Congress Expressway, y se hará igual en la South Expressway (7, p. 119). Asimismo, se proyectan nuevos enlaces subterráneos.

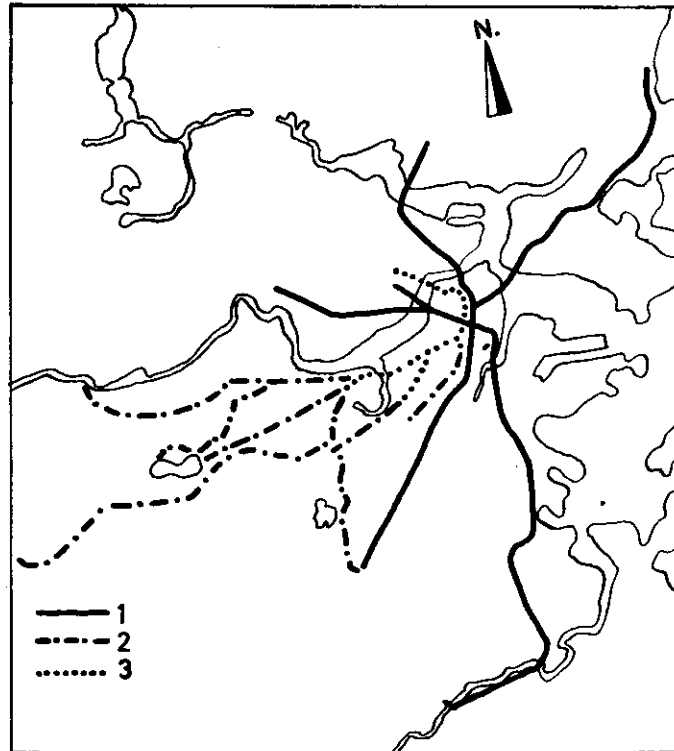


Fig. 9.—Boston. Red radial. 1, metro y elevado; 2, tranvías de superficie; 3, íd. en túnel (según Bockemühl).

cuatro líneas subterráneas: tres radiales que se cruzan en el centro (Puerta del Sol) y llegan hasta los arrabales, y otra transversal más corta; ha de añadirse una suburbana de 9'5 Km. (parcialmente al aire), que enlaza Carabanchel, el único gran suburbio donde no llegan las radiales. Es decir, en total 42'8 Km. Otra línea radial, de 10'9 Km., está próxima a concluirse, y también ha comenzado a utilizarse (1967) como línea de metro el túnel de enlace de las estaciones ferroviarias (7'5 Km.), transversal de N. a S. (fig. 10), lo cual supondrá en total 61'2 Km. (33, 43, 47). La red es muy eficaz, en forma de tela de araña incompleta, y los contactos entre las diversas líneas permiten fáciles transbordos; la distancia media entre estaciones es de 550 m. (exceptuada la línea de Carabanchel), la más corta del mundo, lo cual facilita extraordinariamente la distribución de viajeros por el centro, función que se suma a la de relación entre éste y la periferia.

Hasta 1961 fue obra exclusiva de una sociedad privada; desde entonces los túneles han sido hechos por el Estado, la instalación y material móvil por la compañía, que sigue realizando la explotación.



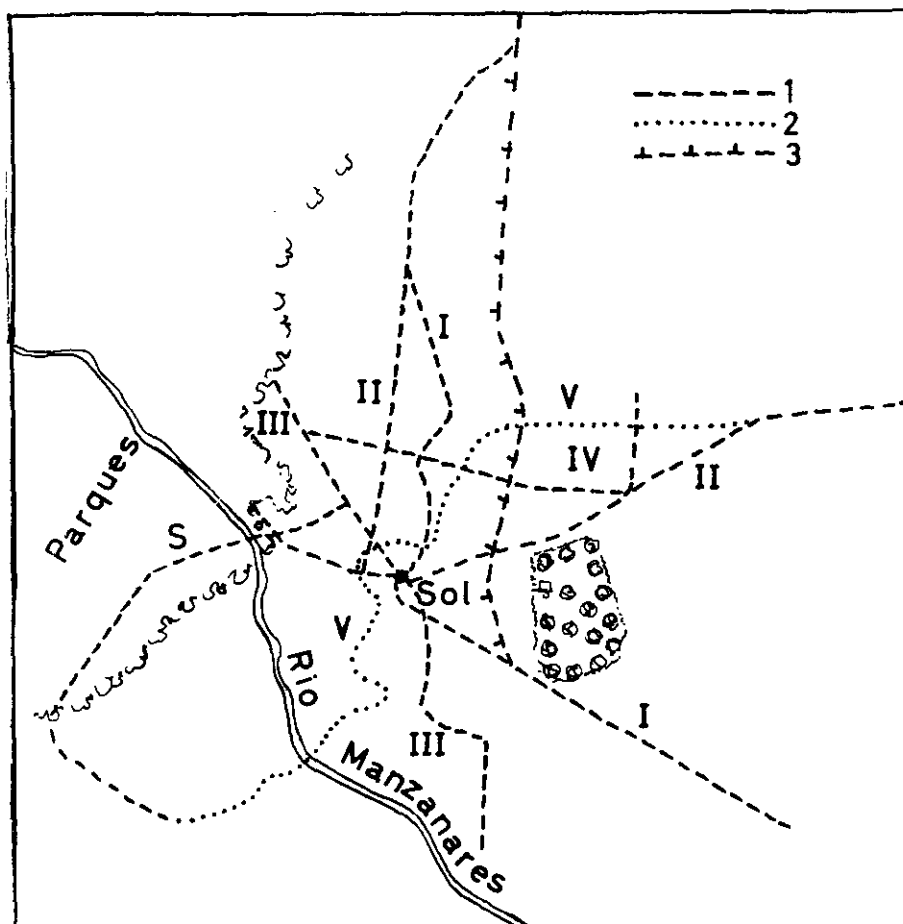


Fig. 10.—Madrid. Red radial compleja. 1, líneas en servicio; 2, id. en construcción; I-V, líneas urbanas; S, línea suburbana; 3, túnel de enlaces ferroviarios, utilizado como metro.

El metro es esencial en los transportes madrileños, representando en 1964 casi la misma cifra de viajeros, 445'2 millones anuales, que los transportes de superficie (autobuses, trolebuses y tranvías —éstos excluidos del centro—), con 458'3 millones. Es de los más concurridos, con 10'7 millones de pasajeros por Km., y llega hasta 13'5 excluyendo la línea suburbana; según los datos del cuadro general, utilizados para todos los metros, 14'8 millones por Km., es decir, como los de Buenos Aires y Moscú.

La primera línea en Barcelona es de 1924 y la segunda de 1926, prolongadas luego hasta 18 Km. en la actualidad, con nuevas secciones en construcción avanzada (13 Km.). El tránsito es mucho menor, 173 millones

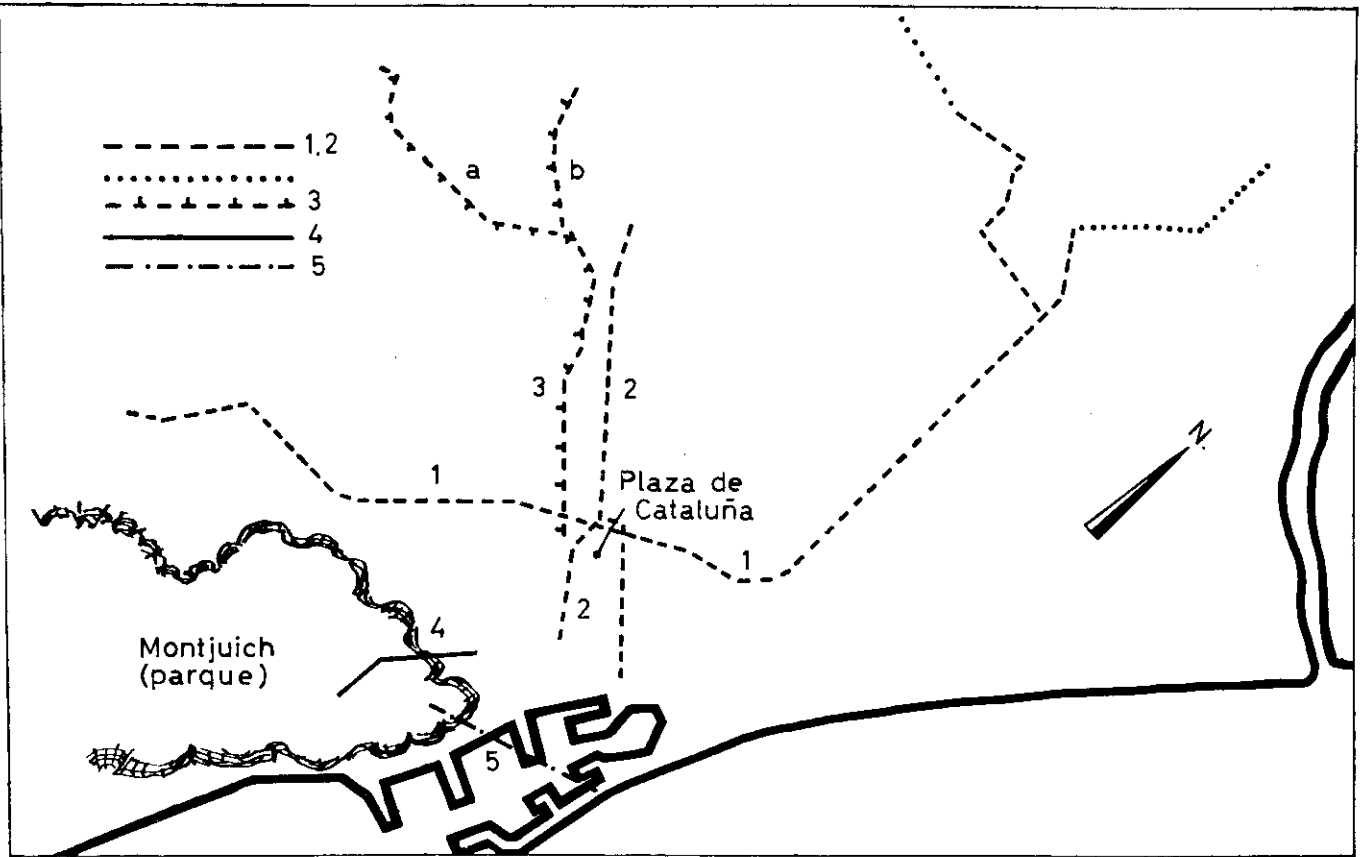


Fig. 11.—Barcelona. Red radio-radicular. 1, Metro Transversal; 2, Gran Metro (hoy municipalizados); 3, Ferrocarril subterráneo a Sarriá (a) y Avda. del Tibidabo (b), sin enlace con los anteriores; 4, Funicular de Montjuich; 5, Transbordador aéreo.

de viajeros y 3'4 millones por Km., porque las comunicaciones por superficie son mejores. La red es radial, centrada en Plaza de Cataluña (fig. 11). Pero las dos líneas eran inconexas (dos compañías distintas) hasta la municipalización, hace unos años, con vías de diferente anchura y distinta toma de corriente (tercer rail y cable); ahora hay transbordo en Plaza de Cataluña y se proyecta en otros puntos. Debe añadirse también la línea de Sarriá y Tibidabo, de Ferrocarriles de Cataluña, cubierta en su totalidad desde 1954 (70), también desde Plaza de Cataluña, pero sin enlace con el metro.

Por su extensión y volumen de viajeros, ambas redes, sobre todo la madrileña, ocupan un puesto notable en el grupo intermedio de metros mundiales.

En otras ciudades españolas se han proyectado metros, sin que hasta ahora se hayan puesto en práctica. Hace unos veinticinco años se pensó en una línea en Valencia, en dirección N.-S., con 3'5 Km., esencialmente para comunicar las estaciones de los ferrocarriles eléctricos de la comarca, entonces con 12'5 millones de viajeros anuales la del N., en sus diversas líneas, y 1'2 millones la del S. (62). Pero el volumen no era suficiente<sup>12</sup>, y como metro puro sólo es rentable, en general, en ciudades de un millón de habitantes. Además, el subsuelo, de blandos aluviones cuaternarios y con mucha agua, plantea difíciles problemas. Recientemente se ha pensado en una línea elevada desde Manises al mar aprovechando el cauce del Turia, que quedará seco por la desviación del río al S. de la ciudad, para prevenir inundaciones, según el llamado Plan Sur, bastante adelantado.

En Zaragoza se proyectaron dos líneas, una longitudinal, aproximadamente paralela al Ebro, por el centro del casco urbano (avenida de Madrid-Coso-Miguel Servet), y otra en forma curva (Clavé-Independencia), que luego cruzaría a la margen izquierda del río para enlazar el arrabal (11, 67). También en Bilbao se ha pensado en una línea Plencia-Ocharcoaga, que atravesaría la ría sobre un puente, luego subterránea y pasaría otra vez la ría en túnel (99).

#### REDES MENORES

Diversas ciudades, especialmente europeas, poseen metros menores, en forma radial o de cruz simple, o sólo líneas aisladas.

El metro de Glasgow, iniciado en 1897, mide 11 Km. (en túnel), es concurrido por 27'7 millones de personas, con 2'5 millones por Km. Bruselas posee una línea en viaducto con un túnel de 2 Km. El metro de Viena (27 Km., pero sólo 6 en túnel), comenzó en 1898 y no electrificado

<sup>12</sup> En 1964 el movimiento ha sido de 7 y 1'4 millones, respectivamente.

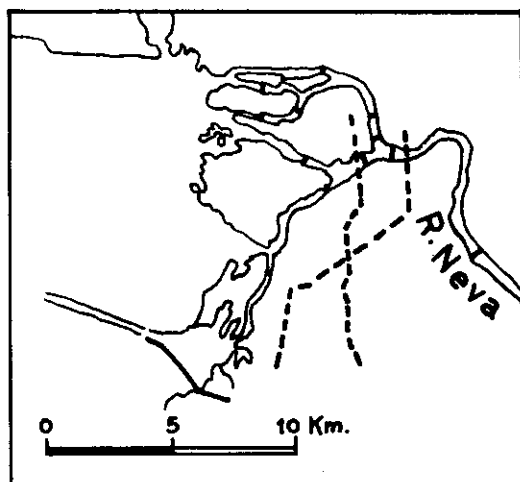


Fig. 12.—Leningrado. Red radial simple en cruz.

hasta 1936, tiene un tránsito de 91 millones de viajeros, o sea, 3'3 millones por Km. Budapest tiene una pequeña línea, más bien tranvía subterráneo, de 1896 (4 Km.), la más antigua del continente; ahora se construye otra línea expreso cruzando el Danubio. Debe recordarse también el suspendido de Wuppertal (13 kilómetros). El moderno metro de Leningrado, con dos líneas en cruz (fig. 12), mide 14 Km. (en galería), con 95 millones de viajeros, es decir, la elevada cifra de 6'7 millones por Km.

La red de Lisboa es reciente, de 1959, con 7 Km. en túnel. En Italia existe metro en Roma, 11 Km. (subterráneo la mitad), inaugurado en 1955, con 16 millones de pasajeros, sólo 1'4 millones por Km., y el reciente de Milán, con 15 Km., estaciones de 106 m. de longitud y notables innovaciones ya expuestas; también se puede incluir la vieja línea napolitana Estación Cumana-Puzzuoli, del siglo pasado y en gran parte al aire libre. Hay también líneas en Atenas y Estambul, ésta la más corta de todas: sólo 700 metros.

Próximos a concluirse están los metros de Oslo (27 Km.), en buena parte transformando ferrocarriles suburbanos que entran ya en túnel 7 Km., y el de Rotterdam, una línea con 2 Km. en viaducto y 3 en túnel, incluyendo el paso del ancho estuario del Mosa (fig. 13); debido a las condiciones del suelo se utilizan túneles prefabricados, que se ponen en zanjas llenas de agua (85).

En Estados Unidos debe añadirse a las citadas la red de Cleveland (1955), con 21 Km. Como curiosidad, en Washington, la pequeña línea para el servicio exclusivo entre el Senado y el Tribunal Supremo<sup>13</sup>, y en Fort Worth (Texas), una línea particular de 1'5 Km. de los almacenes Marwin y Obediah para llevar gratis los clientes desde la periferia de la ciudad hasta los sótanos del edificio (98). En Canadá, la línea de Toronto (7 Km.),

<sup>13</sup> Dato facilitado por el profesor Jordán.

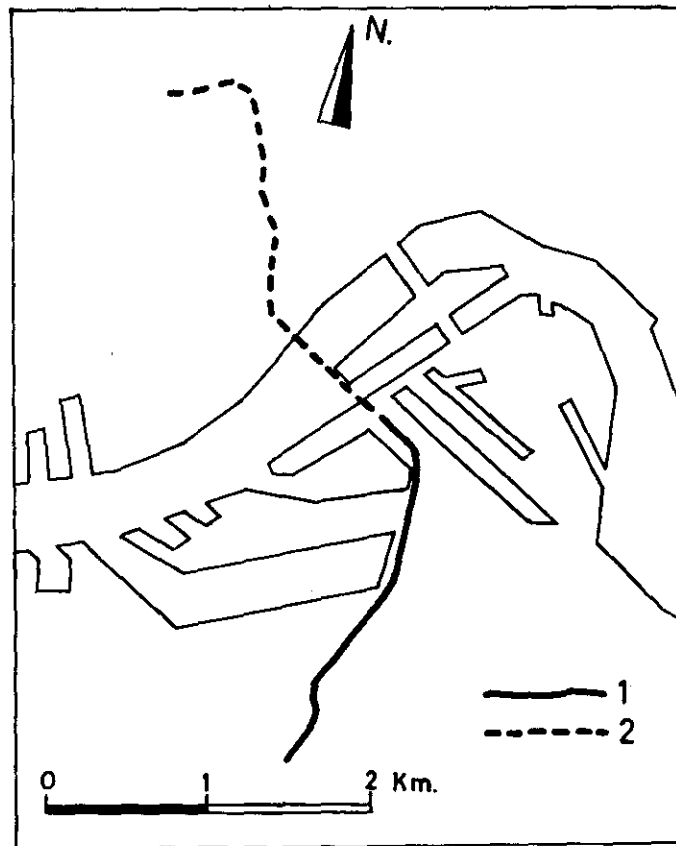


Fig. 13.—Rotterdam. Metro en construcción. Ejemplo de línea única. 1, en superficie; 2, en túnel (según Bockemühl).

con 85 millones de viajeros y la elevada cifra relativa de 12'1 millones por Km.; otra nueva en construcción dará lugar a la forma en cruz simple (fig. 14). En la modernísima red de Montreal las primeras líneas se inauguraron en 1966 y la última en 1967, para servicio de la Exposición mundial; en sus numerosos adelantos resume el estado actual de la técnica en la construcción de metros: ruedas de neumáticos que permiten salvar rampas de 6 y hasta 7 %, velocidad comercial de 36 a 46 Km. hora, puestos de mando y control con un cuadro óptico para vigilar todos los telemandos, dispositivos electrónicos de detención automática si un tren rebasa indebidamente las señales, control electrónico de billetes a la entrada, escaleras mecánicas en todas partes, etc.

Finalmente, las líneas japonesas de Osaka (1953), con 17 Km., y Nagoya (1957), con 2'5 Km, al aire y muy concurridos: 200 y 18 millones de viajeros, respectivamente, que suponen 11'8 y 6'9 millones por Km. (26, pp. 20-21).

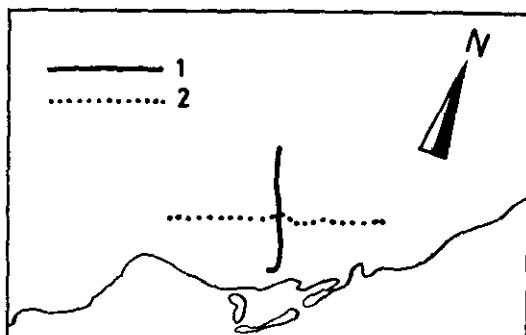


Fig. 14.—Toronto. Desarrollo de la red en forma de cruz. 1, línea en servicio; 2, fd. en construcción (según Bockemühl).

El llamado metropolitano de El Cairo a Heliópolis, que une el centro de la ciudad con dicho barrio periférico, es de superficie y, aunque con banda de circulación propia, atraviesa las calles al mismo nivel, interfiere por tanto la circulación normal y tiene caracteres mixtos de tranvía, según hemos podido observar.

Se están realizando obras en Praga, Kiev, San Francisco, México, Caracas, etc. Proyectos más o menos avanzados se

pueden citar en numerosas ciudades europeas: Turín, Lyon, Marsella, Ginebra, Zurich, Basilea, Munich, Copenhague y Varsovia, y en varias alemanas se proyectan tranvías subterráneos, que podrían después convertirse en metros (véase p. 6). En América del Norte se planea metro en Winnipeg, Washington, Atlanta, Los Angeles y San Francisco; en las dos últimas afecta a toda el área metropolitana, con redes muy grandes, de 120 y 212 Km., respectivamente, en su mayoría de superficie. En América del Sur, en Río de Janeiro, Sao Paulo y Montevideo. En otros continentes se han de mencionar los proyectos de Argel, Bombay, Calcuta, Melbourne, etc.

Todo ello es prueba evidente de que el metro es hoy la mejor solución para el transporte rápido en las grandes ciudades, y más aún en el futuro al aumentar la congestión de las calles con el desarrollo vertiginoso del tráfico automóvil.

## METROPOLITANOS Y TRANSPORTES DE SUPERFICIE

### EL TRÁNSITO DE SUPERFICIE

Las calles de nuestras ciudades fueron concebidas para el movimiento lento de peatones y pocos carruajes de caballos, sin directrices urbanísticas generales hasta el siglo XIX. En la segunda mitad de éste, cuando se realizan reformas en el centro y el ensanche en cuadrícula de las ciudades europeas y se desarrollan las americanas, apenas ha comenzado el transporte colectivo, en ómnibus primero y en tranvías de caballerías después, en Londres, por ejemplo, en 1861 (48, p. 16), en Madrid en 1871, etc.; la electrificación empezó a finales de la década del 80. Aunque asombra la concepción de las calles realizadas entonces, que han permitido el tráfico moderno, no se

podría prever todo el desarrollo de éste, sobre todo con el motor de explosión. En París, por ejemplo, modelo de reforma y ensanche en el XIX, el grandioso sistema circulatorio de Haussmann respondía a un parque de 50.000 vehículos de caballos; hoy los automóviles rebasan el millón, sin modificación sustancial de las calles, y sólo hay lugar para medio millón (calles, aparcamientos, garajes); los otros se hallan en circulación o mal estacionados (31, p. 332). Las calles son ya incapaces y el centro de las ciudades está congestionado. El auge del coche particular, que ocupa demasiado espacio, y la excesiva centralización urbana son los problemas cruciales, de difícilísima respuesta si no se adoptan medidas extraordinarias, aunque extrema va siendo ya la situación.

Mientras no se acometa una decidida descentralización que diluya el tránsito, la cuestión fundamental es el espacio ocupado por los vehículos, tanto en marcha como estacionados. Cuarenta autos, con 1'7 ocupantes de media, equivalen a un autobús de 70 pasajeros, el cual, además, sólo para breves instantes; a la vez, el exceso de carruajes no permite aprovechar la mayor rapidez y agilidad del automóvil, que es una de sus características.

Los resultados de una encuesta en Alemania no pueden ser más significativos. Para una banda de 3'5 metros, con los transportes públicos ocupados al 65 % (40 vehículos a la hora a 10 Km. hora) y los autos a 1'9 personas en horas punta, la relación de utilización de calzada por viajero es 1:17'6:25'6 para tranvías, autobuses y autos, respectivamente, y en casos particularmente favorables para los primeros hasta 1:22'3:31'9; en otras horas, con 30 % de ocupación en colectivos (a 30 Km. hora) y 1'5 personas por coche, la relación es aún 1:9'4:22'4. Es decir, más favorable 22-32 veces en tranvía y 10-20 veces en autobús que en auto (7, p. 17). El sistemático abandono del tranvía para facilitar el movimiento del autobús (más caro) y del auto en nuestras grandes ciudades no evita los problemas de circulación, provocados precisamente por la avalancha de automóviles. Como subrayan Bockemühl y Bandi, una calle de 20 m., con cuatro bandas de circulación, sirve todo lo más para 5.000 personas en coche en una dirección, mientras que el tranvía, de doble vía, en una calle de 6 m., lleva 20.000, es decir, lo mismo que una calle de 80 m. (7, p. 17). De ahí su defensa del tranvía con sistemas modernos de banda propia e incluso subterráneos.

Tampoco debe desdeñarse el problema de los accidentes, mayor en los autos porque la responsabilidad se reparte sobre tantos conductores como carruajes, mientras que en los transportes públicos el número es mucho más reducido.

El estacionamiento de los coches, indispensable para los usuarios, es un problema esencial para la fluidez del tráfico. En una calzada de 12 m. de anchura y circulación de 500 vehículos por hora, los públicos reducen su velocidad en un 17 % si la colocación es unilateral, y en el 45 % si es

en ambos lados (41, pp. 11-12). La limitación de parada en "zona azul" y el pago, proporcional o no al tiempo, se van extendiendo al centro de todas las ciudades, así como las calles prohibidas, pero sólo son medidas parciales.

Es necesaria la creación de estacionamientos elevados o subterráneos, pero no pueden ser muy numerosos por su gran coste. Si la permanencia es cara, poco resuelven; si es barata, pronto se llenan, porque aumenta el número de coches que se llevan al centro. Una motorización total, con 530 autos por 1.000 trabajadores, exigiría tantos estacionamientos de pisos o subterráneos como edificios de oficinas, lo cual es imposible (7, p. 11). Problema distinto, pero que se suma al anterior, es la carestía o falta de garajes, lo cual obliga en muchos casos a utilizar la calle como tal; la exigencia de construirlos en todos los nuevos edificios —como se piensa ya— es la única medida eficaz en tal sentido.

El exceso de carruajes hace que las velocidades sean pequeñas y disminuyan de año en año. En los 160 Km. de calles principales de Madrid, la media bajó de 35 Km. hora en 1963 a 27 Km. hora en 1964; en varias vías importantes del centro, desde 22-24 Km. hora a 16-20 (56); aunque están muy lejos todavía de las velocidades medias en horas laborables en Manhattan, donde son 6'5 a 9'5 Km. hora (23, p. 212), aunque habrá aumentado, sin duda, con las recientes medidas de suprimir estacionamientos en calzada<sup>14</sup>. El problema se acusa especialmente en las horas-punta; según Nielsen, en Barcelona, en los transportes públicos, la velocidad baja de 16 Km. hora a 12; en Roma de 16 a 14; todavía es más grave en las calles congestionadas: por ejemplo, en Roma, Hamburgo, Glasgow, etc., de 15-20 Km. hora normales se pasa a 5-8 Km. hora en tales períodos (41, pp. 9-10). Se llega así a la paradójica situación de velocidades semejantes a los 7 Km. hora que lograba el primer ómnibus parisino ¡en 1662! (29, pp. 1-2).

La única solución en el centro es suprimir el estacionamiento en las calles de mucho paso e incluso destinar éstas, parcialmente al menos, a los transportes públicos (7, pp. 41-51). Pero tan radical medida exige que éstos sean muy perfeccionados y, además, encuentra fuerte oposición entre la masa de poseedores de automóvil..., que además proporciona buenos ingresos con los impuestos de estacionamiento. También se piensa —ya hay ensayos parciales— en calles dedicadas únicamente a peatones, la circulación que exige menos espacio por persona, en las zonas de más abundante comercio. Quizás en el futuro la utilización de aceras rodantes sea la solución allí más idónea.

Mientras tanto, la saturación de las calles y la dificultad de aparcamiento en el centro hace que cada vez se vuelva más al transporte colectivo. En París, en 1955, se calculaba que en el tránsito de superficie hacia el centro, los vehículos públicos eran menos del 5 %, pero llevaban el 30 % de los

<sup>14</sup> Dato facilitado por el profesor Jordán.





construcción) en Londres, o los de Bruselas, San Francisco y Roma; se han proyectado en Copenhague, Nueva York (Ildewild), Madrid, etc.

Aspecto diferente es el costo del transporte mismo cuando se trata ya de distancias del orden de los 25 Km. y grandes ciudades con amplios espacios, como ocurre en Estados Unidos. Teniendo en cuenta el valor del tiempo, estudios modernos llegan al resultado de un coste más bajo para el automóvil; aparte de la mayor comodidad y de que la mejora en el nivel medio lleva inevitablemente a un aumento de tráfico, mayor que el debido al mero empeoramiento de los transportes públicos (13, p. 167).

El problema de los viajeros suburbanos puede ser muy atenuado mediante aparcamientos inmediatos a las estaciones de metro o ferrocarriles de cercanías, con lo cual se evita la entrada de varios millares de coches. En Londres, por ejemplo, hay 52 estacionamientos para 3.445 autos y, además, otros en 190 estaciones del contorno para otros 6.000; en Chicago, el Subway tiene cinco para 1.100 coches; en Cleveland hay 6.662 plazas cerca de siete estaciones de metro, etc. (7, pp. 53-57).

Sin embargo, frente a esto sigue en pie el problema de la congestión creciente. Las mejoras en las vías urbanas son casi inmediatamente absorbidas por el aumento de tráfico automóvil, y tales obras resultan muy caras, hasta el punto de que se llega a serias dudas sobre su conveniencia y a pensar que la acomodación a la demanda del automóvil está alcanzando el límite de efectividad. En las circunstancias actuales parece mejor un equilibrio entre sistemas complementarios, con metros rápidos y autopistas para las distancias largas (13, p. 169).

Una cuestión aparte, que puede ser decisiva en el futuro y afecta a todos los vehículos, es la intensa polución del aire en el centro de las ciudades, en la cual, además de las chimeneas fabriles y sistemas de calefacción (gas sulfuroso sobre todo), colaboran activamente los motores de explosión con el peróxido de nitrógeno y el monóxido de carbono. En Londres, unida a los humos industriales y la niebla, forma el temible *smog*; es sumamente grave ya en Nueva York (60, pp. 185-90); en París ha aumentado el 60 % en sólo tres años (de 1957 a 1960) (31, p. 332); crece rápidamente en Madrid, etc., etc.; más aún con la posibilidad de que ciertos productos sean cancerígenos. Y se han de añadir los peligros del tráfico mismo, los ruidos —pese a la prohibición de señales acústicas— y las dificultades generales.

Se plantea así, como resumen, el problema del “umbral del automóvil”, o reflexión normativa sobre el lugar a reservarle en la vida urbana, facilidades y límites a conferir en su uso e inversiones que exige (31, pp. 333 y 336-38). Puede llegarse a la revolucionaria pero muy humana sugestión del informe Buchanan, *Traffic in towns* (1963), para fijar un nivel máximo de tráfico en cada calle atendiendo a esas circunstancias precisas, que no

podría rebasarse sin una reconstrucción total del sistema. No se puede pretender el mayor tránsito posible, sino adaptarlo a las inversiones que esté dispuesta a realizar la comunidad (23, p. 36).

#### IMPORTANCIA DE LOS METROPOLITANOS

*El metro en la circulación urbana.*—En definitiva, el tráfico de superficie, tanto privado como público, es ya incapaz en las grandes ciudades; sólo el metro ha impedido el colapso de la zona central y, en gran medida también, en la ciudad entera.

Sin embargo, la significación del metro varía mucho según los lugares. En 1931, por ejemplo, su papel era ya primordial en Nueva York, con 2.105 millones de viajeros frente a 1.450 millones de superficie; ligeramente inferior en París, con 929 y 1.029 millones, respectivamente; en cambio, en Londres era muy secundario, con sólo 642 millones frente a los 3.425 millones de superficie (19, p. 174); en Madrid, en 1930, las cifras eran 90 millones y 200 millones. Pero la importancia del metro se acentúa, en París, los viajeros en metro en 1949 eran 1.247 millones y sólo 857 millones en transportes de superficie (16, p. 64), pero estos últimos, según George —en la misma fecha—, sólo serían un tercio de los del metro, ya que desbordan ampliamente el perímetro servido por aquél y se interfieren más con el tráfico del contorno (19, p. 139); en Madrid están equiparados: 462 millones en metro y 458 en superficie (1964); también en Estocolmo, 440 y 500 millones, respectivamente (7, p. 135).

Si se tienen en cuenta el tráfico total, el predominio de los transportes colectivos y en general del metro, se manifiesta igual. En Madrid, por ejemplo, los viajeros diarios, según los datos del Plan de Ordenación de 1961 (38), se pueden resumir de la siguiente manera:

<i>Viajeros</i>	<i>Viajeros diarios</i>	<i>Tanto por ciento</i>
Metro ... ..	1.184.000	41'1
Tranvías, autobuses, trolebuses	1.041.000	36'2
Taxis, coches particulares, motos ... ..	655.000	22'7
	<u>2.880.000</u>	<u>100'0</u>

El metro tiene un marcado papel en el movimiento al lugar de trabajo: 74 % de sus viajeros (más 11'5 % de estudiantes) en Filadelfia, 70 % en Chicago, etc.; por ello las horas punta son mucho más acusadas que en

los autobuses y automóviles. En seis ciudades de América del Norte con metro (Nueva York, Chicago, Filadelfia, Cleveland, Boston y Toronto, no se incluye aún Montreal), las cuatro horas de punta suponen del 44 al 58 % del tráfico total, y el máximo de hora punta es el del 14 al 19 % de todo el día. En cambio, los autobuses y autos dominan en las restantes horas (fig. 15), en las cuales es fundamental el tránsito para compras, negocios personales, diversiones (por la tarde sobre todo), etc. (36, pp. 91-95).

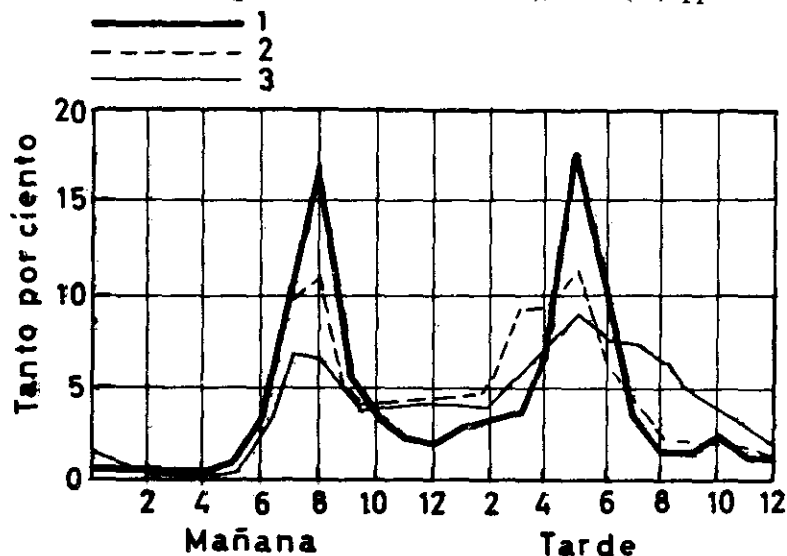


Fig. 15.—Chicago. Gráfica horaria de viajeros (1956). 1, metro; 2, autobús; 3, conductores de automóvil (según Meyer).

Si nos limitamos al centro, la importancia del metro se acrecienta más aún. En Londres y París transportan el 60 % de los viajeros hacia él; en Nueva York (Manhattan), el 69'7 %, más otro 8'8 ferrocarriles desde suburbios alejados (41, p. 8; 23, p. 205). En cambio, el coche particular representa poco, incluso en esas ciudades donde abunda sobremanera; en el período punta de la mañana sólo llegan al área central de Londres (1962) un 12'6 % en coches privados; a Manhattan (1960), un 12'5 % (incluyendo taxis) (23, pp. 36 y 205).

Un caso opuesto, y por ello muy significativo, son los trabajadores fuera del área central. Entre los que viajan desde la costa de Nueva Jersey hasta Manhattan sólo el 11'6 % emplean auto privado, pero entre los que cruzan el Hudson a la inversa para destinos fuera del área central (muchos menos en total), el 74 % lo hacen en coche (23, pp. 205-6). De análoga forma, en Chicago, en el movimiento al lugar de trabajo a la zona central, el metro representa el 34 % y los ferrocarriles suburbanos 22 %, el auto-

bús 25 % y el auto sólo 17 % (el pequeño resto, a pie); en cambio, en las zonas periféricas los viajeros en coche suben al 80 % (36, pp. 130-31).

*Potencia de transporte.*—La explicación de estos hechos radica a la vez en la congestión de las calles céntricas y en la potencia de transporte del metro. En efecto, teniendo en cuenta la capacidad de los vehículos y el número de pasos por hora (intervalo entre coches), se obtiene el débito horario o número de plazas ofrecidas por hora en un punto de la red. Según Courson, es el siguiente (10):

<i>Vehículo</i>	<i>Capacidad viajeros</i>	<i>Intervalo segundos</i>	<i>Pasos por hora</i>	<i>Débito máximo viajeros hora</i>
Taxi ... ..	4	5	720	2.880
Autobús o trolebús ...	50-65	20	180	10.800
Tranvía PCC ... ..	100	30	120	12.000
Metro París ... ..	700	90	40	28.000

En Madrid, el Plan de Ordenación de 1961 supone cifras algo diferentes:

<i>Vehículo</i>	<i>Capacidad máxima viajeros hora</i>
Autobús ... ..	8.000
Trolebús ... ..	5.600
Tranvía ... ..	7.000
Metro ... ..	32.500

Los tranvías de Madrid son hoy todos del modelo PCC (la llamada serie 1.000), pero antes había también modelos más pequeños y lentos; en el metro, trenes de cuatro unidades, mientras que en París son de cinco y también de 14 m.; la cifra mayor de Madrid se explica, quizás, por los muy numerosos viajeros de pie.

Por supuesto, los metros mayores tienen capacidad más grande aún, y los neoyorquinos de seis unidades de 20 metros pueden llevar 2.700 personas. En dicha ciudad se calcula que pueden moverse en coche particular (a 1'75 personas de media) 1.300 viajeros por hora en calle normal y 3.200 en autopista urbana —por cada línea de tránsito en ambos casos—, mientras que en metro —de pie— pueden ir 60.000 (23, p. 205).

Según Bockemühl y Bandi, defensores del tranvía, la capacidad máxima por hora sería de 40.000 personas para el metro (trenes hasta 90 segundos), 16.000-18.000 para el tranvía normal y 24.000 el subterráneo, 5.000 en autobús (la cifra parece demasiado baja) (7, p. 13).

En cuanto al espacio ocupado por viajero, uno en metro equivale a 3'7 autobuses o 36 coches personales (31, p. 336), sin tener en cuenta el problema del estacionamiento.

En resumen, prescindiendo de metros excepcionales y con diferencias de matiz según los autores y las ciudades, la superioridad del metro es incontestable, el triple o el cuádruplo que el autobús, más del doble que el tranvía moderno, el cual sólo es posible en calles de poco tránsito. Además, regularidad mucho mayor, enorme capacidad de sobrecarga en las horas punta y, sobre todo, no ocupa espacio en la calzada, con lo cual salva el angustioso problema de la congestión.

El problema del coste comparado es muy complejo; el metro resulta ventajoso cuando la densidad de población y el volumen de viajeros son grandes y los trayectos cortos; el coste de los transportes aumenta mucho con las grandes densidades, pero relativamente menos en los metropolitanos (36, p. 246). En este aspecto económico empieza a rivalizar con el autobús y trolebús, según Courson, hacia los 15.000-20.000 viajeros por hora y con el tranvía a partir de los 25.000. Pero si el túnel lo realizan los poderes públicos, como ya es norma casi general, a partir de los 10.000-15.000 personas resulta lo más económico.

*Comunicaciones suburbanas.*—Las cuestiones son distintas si se tienen en cuenta las comunicaciones suburbanas, que no podemos examinar aquí en detalle. Para grandes masas humanas que se vuelcan diariamente en las ciudades, como ocurre en Londres o París, Chicago o Tokyo, la vía férrea mantiene la primacía, y sin ella ese movimiento sería hoy imposible; menos aún con coches particulares. El siguiente cuadro de utilización total de los transportes en horas punta, incluyendo los ferrocarriles,<sup>15</sup> refleja también la inmensa superioridad de éstos y del metro sobre los restantes medios de transporte (7, p. 34).

*Utilización en horas punta, en tantos por ciento*

	<i>Ferrocarril</i>	<i>Metro</i>	<i>Tranvía</i>	<i>Autobús</i>	<i>Privados</i>
Londres ... ..	36	39	—	16	9
París ... ..	12	33	—	21	34
Berlín ... ..	—	24	76	—	—
Hamburgo (1956) ...	23	19	39	—	19
Estocolmo ... ..	11	25	25	12	27
Nueva York (1956).	7	59	—	8	25
Chicago ... ..	29	38	—	15	18
Boston ... ..	6	28	14	3	49
Toronto ... ..	2	35	34	4	27
Tokyo ... ..	63	4	13	20	—

<sup>15</sup> Sobre la importancia de los ferrocarriles en el transporte urbano, vid. Bockemühl, pp. 98-101.

Las autopistas suburbanas modernas tampoco solucionarían el problema. Cada vía de éstas, para 1.200 coches por hora (a 1'7 ocupantes), tiene una capacidad horaria de 2.400 viajeros; con tres vías, como es normal, serían 6.120 en cada sentido. Así, en Estados Unidos, la tendencia actual es situar en las autopistas vías especiales de transporte colectivo y, concretamente, ferrocarriles rápidos. Ya se ha hecho, por ejemplo, en Chicago, con resultados bien elocuentes; una autopista, con coste de 6'2 millones de dólares por Km., funcionando el 80 % de su capacidad, sirve a unos 7.100 viajeros todas las mañanas; en cambio, el ferrocarril construido en el centro de aquella, a 2'5 millones de dólares por Km. y al 30 % de su posibilidad, lleva 11.200 personas; a plena potencia serían 9.000 y 37.000 personas, respectivamente, y el coste de construcción está en la relación 3:1. La razón es clara, un tren de mil plazas equivale a 20 autobuses de 50 o cerca de 600 coches a 1'7 personas (82).

Las ventajas del ferrocarril aumentan —aunque también su coste— si al llegar a la zona central urbana sigue en túnel. En Boston, por ejemplo, una línea de cercanías que llevaba sólo 3.000 viajeros diarios hasta el borde del centro, ha alcanzado 27.000 al convertirse en rápida y unida al metro subterráneo para llegar al centro, estableciendo correspondencia con aquél. Algo semejante se ha pensado en los enlaces ferroviarios de Madrid, cuya galería cruza la ciudad de N. a S.

Quizás el ejemplo más representativo sea el gran plan de ferrocarriles eléctricos urbanos del aérea metropolitana de la bahía de San Francisco, con una red en forma de cruz de 121 Km. en la primera fase, para 1971 (un sector de ensayo en 1965). En su mayoría es elevada o en superficie, pero subterráneo en San Francisco y Oakland, para frecuencias máximas de 90 segundos en horas punta; sistema opuesto al automóvil, en pleno auge de éste y por decisión electoral en una región donde la mayoría son propietarios de él (13, pp. 168-69). La razón esencial es que las autopistas necesarias costarían el doble.

Como resumen final podrían reproducirse las conclusiones del XXX Congreso Internacional de Transportes Públicos en 1961 (81, p. 82): El metro debe progresar y mantenerse eficaz; la ayuda oficial puede justificarse para asegurar ventajas sociales o de otro tipo. Se considera conveniente en las ciudades próximas al millón de habitantes y esencial en las grandes urbes; en éstas debe ser el centro del sistema de comunicaciones, y los demás reglamentarse para asegurar al metro la máxima eficiencia.

Seminario de Geografía.  
Facultad de Filosofía y Letras.  
VALENCIA.

BIBLIOGRAFIA <sup>16</sup>

- (1) "Aérotrain. Vehicule glissant sur voie préparée pour transport de passagers à grande vitesse". *Bull. Information Technique* (Ambassade de France en Espagne), 1965, núms. 9-10, pp. 1-5.
- (2) AGUZOU, Henri: "Le Métro se modernise". *Science et Vie*. Chemins de Fer 66 (núm. fuera serie), pp. 153-57.
- (3) "Ancêtres du monorail". *Ibid.*, pp. 168-69.
- (4) ARON, Robert: "El metro a cien por hora". *Ferrocarriles y Tranvías*. Madrid, 1962, núm. 315, pp. 316-17.
- (5) Id.: "La automatización del metropolitano de París". *Id.*, 1963, núm. 330, pp. 40-42.
- (6) BARDOUT, M. G.: "Le métropolitain de Paris". *Le monde souterraine*. París, 1950, XV, núm. 59-60, pp. 367-376.
- (7) BOCKEMÜHL, A., y BANDI, F.: *Séparation des transports publics et des transports privés*. XXXV Congrès International. Vienne, 1963. Bruselas, Union Internationale des Transports Publics, 1963, 184 pp.
- (8) BOISSIER, M.: "L'équipement du métropolitain de Paris". *Le monde souterraine*. París, 1950, XV, núm. 50-60, pp. 377-381.
- (9) BOUILLOUD, Philippe: "Los trenes con neumáticos del metropolitano de París". *Ferrocarriles y Tranvías*, 1957, núm. 273, pp. 126-130.
- (10) COURSON, J.: *Emploi comparatif et coordonné des autobus, trolleybus, tramway et chemins de fer métropolitains dans l'exploitation des transports publics*. XXVIII Congrès International. Stockholm, 1949. Bruselas, Union Internationale des Transports Publics, 1949, 14 pp. y 2 anexos.
- (11) CHECA, Luis M.: "El proyecto de ferrocarril metropolitano y de enlaces ferroviarios en Zaragoza". *Ferrocarriles y Tranvías*, 1954, núm. 241, pp. 309-314.
- (12) DEVAUX, P.: "El nuevo metropolitano sobre neumáticos de París". *Ferrocarriles y tranvías*, 1964, núm. 333, pp. 137-138.
- (13) DYCKMAN, John W.: "Transportation in cities". *Scientific American*, Nueva York, 1965, núm. 3, pp. 163-174.
- (14) "Evolución del tráfico en Madrid". *Rev. de Obras Públicas*, Madrid, 1965, CXIII, núm. 3.002, pp. 527-529.
- (15) FEDERSEN, A., y ROSSE, H.: *Tension le plus adéquate pour transports urbains et systèmes modernes pour la distribution de courant*. XXVIII Congrès International. Stockholm, 1949. Union Internationale des Transports Publics, 1949, 49 pp.
- (16) FITZPAYNE, E. R. L.: *Transports en commun et urbanisme*. XXIX Congrès International. Edinburg, 1951. Bruselas, Union Internationale des Transports Publics, 1951, 93 pp.
- (17) FONDIN, Jean: "Vers des solutions nouvelles". *Science et Vie*, Chemins de Fer 66 (núm. fuera serie), pp. 158-167.
- (18) FRIEDRICH, Johann: "El monorail Alweg de Seattle". *Rev. de Obras Públicas*, Madrid, 1963, núm. 2.978, pp. 397-400.
- (19) GEORGE, Pierre: *La Ville. Le fait urbain à travers le monde*. París, Presses Univ. de France, 1952. VIII, 399 pp.

<sup>16</sup> La bibliografía existente es, sin duda, mucho más copiosa; sólo se indica la accesible a nosotros y utilizada directamente. Sobre el metro de Madrid, únicamente algunos títulos básicos (43, 46, 47), pues es objeto de otro estudio particular (33).



- (20) GIUPPONE, F., y PARIBENI, M.: *La pénétration des services suburbains dans les réseaux urbains*. XXX Congrès International. Madrid, 1953. Bruselas, Union Internationale des Transports Publics, 1953. 266 pp. + 7 h. + 21 láms.
- (21) GOICOECHEA, Alejandro: "La rodadura elevada o tren elevado español". *Bol. Información del Ministerio de Obras Públicas*. Madrid, 1966, IX, núm. 105, pp. 5-21.
- (22) GUITTONEAU, Raymond: "Le réseau express régional". *Science et Vie*. Chemins de Fer 66 (núm. fuera serie), pp. 143-152.
- (23) HALL, Peter: *Las grandes ciudades y sus problemas*. Madrid, Ed. Guadarrama, 1965, 256 pp.
- (24) HAMACHER, F. W.: "Los transportes urbanos de la ciudad de Estocolmo". *Ferrocarriles y Tranvías*. Madrid, 1953, núm. 224, pp. 130-147.
- (25) HARBOUR, B. H.: *Le rôle des chemins de fer métropolitains dans les transports publics urbains*. XXXIV Congrès International. Copenhague, 1961. Bruselas, Union Internationale des Transports Publics, 1961.
- (26) Id.: "Situación de los metropolitanos en los transportes generales urbanos". *Ferrocarriles y Tranvías*. Madrid, 1962, núm. 317, pp. 19-22.
- (27) HUGUES, Michel: "Los trabajos de la línea E-O de la Red Express Regional (de París)". *Rev. de Obras Públicas*. Madrid, 1965, núm. 3.004, pp. 705-710.
- (28) JORDÁN MONTAÑÉS, Manuel: *El transporte público urbano*. Valencia, 1964. 46 fol. mecanograf. (Cortesía del autor).
- (29) Id.: *Los transportes urbanos*. Valencia, 1966. 9 fols. mecanograf. (Cortesía del autor.)
- (30) KEIM, Jean A.: "El cincuentenario del Metro de París". *Ferrocarriles y Tranvías*. Madrid, 1951, núm. 198, pp. 71-72.
- (31) LABASSE, Jean: *L'organisation de l'espace. Géographie volontaire*. París. Hermann, 1966, 605 pp.
- (32) LAFFITE, Carlos: "Notas relativas a ferrocarriles metropolitanos". *Ferrocarriles y Tranvías*. Madrid, 1935, núm. 51, pp. 130-132.
- (33) LÓPEZ GÓMEZ, Antonio: "Los transportes urbanos en Madrid. I. El Metro. Estudios Geográficos. Madrid, 1967 (en prensa).
- (34) MAESTRELLI, R.: *Encombrement du trafic. b) Étude des plus récents moyens de transport*. XXXI Congrès International. Hambourg-Berlín, 1957. Union Internationale des Transports Publics, 1957, 64 pp.
- (35) MATEOS, Manuel: "La construcción en Montreal". *Cimbra*. Madrid, 1966, III, núm. 14.
- (36) MAYER, J. R.; KAIN, J. F., y WOHL, M.: *The urban transportation problem*. Cambridge (Mass.), Harvard Univ., 1965.
- (37) Ministerio de Obras Públicas. Dirección General de Carreteras. División de Planes y Tráfico: *Red arterial de Madrid. Estudios de Tráfico, 1963*. Madrid, 1964. 66 pp. + 22 hoj.
- (38) Ministerio de la Vivienda. Comisaría General para la Ordenación Urbana de Madrid y alrededores: *Plan general de Ordenación Urbana del área metropolitana de Madrid, 1961*. Madrid, 1962, 7 t.
- (39) MURRAY, Alan: "El ferrocarril subterráneo de Londres". *Ferrocarriles y Tranvías*, 1960, núm. 295, pp. 74-75.
- (40) NAVARRO GIL, Alejandro: "Trenes elevados". *Bol. de Información del Ministerio de Obras Públicas*. Madrid, 1966, IX, núm. 105, pp. 22-29.
- (41) NIELSEN, E.: *Encombrement du trafic et ses répercussions sur l'économie des transports publics*. XXXI Congrès International. Naples, 1955. Union Internationale des Transports Publics, 1955. 29 pp. + 8 ap. Discusión en *Comptes Rendus détaillés du XXXI Congrès International des Transports Publics*. Naples, 1955, pp. 66-83.

- (42) Id.: *Encombrement du trafic. a) Situation présente... et moyens d'améliorer les conditions d'exploitation des transports en commun*. XXXII Congrès International. Hambourg-Berlin, 1957. Union Internationale des Transports Publics, 1957, 22 pp.
- (43) NÚEZ DEVESA, M.: *El ferrocarril metropolitano de Madrid*. Comunicación a la II Conferencia Internacional de Urbanismo Subterráneo, 1948, 25 pp.
- (44) NOUVION, M.: "L'avenir de la traction". *Science et Vie*. Chemins de Fer 66 (núm. fuera de serie), pp. 58-63.
- (45) OLIVER MASANA, José: "Los transportes urbanos elevados". Sep. de *Acero y Energía*, Barcelona, 1965, núm. 130, 7 pp.
- (46) OTAMENDI, Miguel: "Los ferrocarriles metropolitanos". *Cien años de ferrocarriles en España*, vol. III, pp. 223-267.
- (47) Id.: *El ferrocarril metropolitano de Madrid. Años 1917-53*. Madrid, Tip. Blass (1953), 27 pp.
- (48) PASQUET, D.: *Londres et les ouvriers de Londres*. Paris, A. Colin, 1914, 762 pp.
- (49) PATRASSI, Angelo: "Le problème de l'encombrement de la circulation dans les grandes villes". *Révue Union Internationale des Transports Publics*, 1955, IV, núm. 2, pp. 157-167.
- (50) SCHICK SANZ, M.: "Ventajas y desventajas del monocarril de Seattle". *Ferrocarriles y Tranvías*, Madrid, 1964, núm. 335, p. 178.
- (51) SIDENBLADH, Göran: "Stockholm: a planned city". *Scientific American*, Nueva York, 1965, núm. 3, pp. 107-118.
- (52) SORRE, Max: *Les fondements de la Géographie humaine*. Paris, A. Colin, 1951-1952, 4 vols.
- (53) "Tractions insolites". *Science et Vie*. Chemins de Fer 66, pp. 64-65.
- (54) UTUDJIAN, Edouard: "Le cinquantenaire d'une grande oeuvre souterraine". *Le monde souterrain*. Paris, 1950, núm. 59-60, p. 365.
- (55) Id.: *L'urbanisme souterrain*. Paris, Presses Univ. de France, 1952, 128 pp. Que sais-je?, 533.
- (56) VALDÉS, Antonio, y ALDAMA, Enrique: "El tráfico en Madrid". *Rev. de Obras Públicas*, 1964, núm. 2.994, pp. 1.081-1.087.
- (57) VEGA, Manuel: "Causas de las dificultades de circulación y de transporte en el centro de las grandes ciudades y sus posibles soluciones". *Ferrocarriles y Tranvías*, Madrid, 1954, núm. 241, pp. 315-318.
- (58) VIANI PEQUEÑO, Mario: "El nuevo prototipo del Metro de París equipado con neumáticos". *Ferrocarriles y Tranvías*, Madrid, 1952, núm. 213, pp. 177-182.
- (59) WAGNER, Harold: "Máquinas de avance en la construcción de túneles". *Rev. de Obras Públicas*, Madrid, 1964, núm. 2.990, pp. 793-797.
- (60) WOLMAN, Abel: "The metabolism of cities". *Scientific American*, Nueva York, 1965, núm. 3, pp. 179-190.

En la revista *Ferrocarriles y Tranvías* (Madrid) hay, además, numerosas gacetas y notas sueltas anónimas, a veces sin título, las principales de las cuales se indican a continuación:

- (61) El metro en diversas ciudades; *F. y T.*, 1940, núm. 67, pp. 101-102.
- (62) "Metro en Valencia"; *F. y T.*, 1942, núm. 95, p. 213.
- (63) Notas sobre el metro de Londres y otras ciudades; *F. y T.*, 1945, núm. 136, p. 560.
- (64) "El metropolitano de Roma"; *F. y T.*, 1949, núm. 186, pp. 74-75.
- (65) "El ferrocarril metropolitano y la nueva organización de los transportes parisinos"; *F. y T.*, 1950, núm. 195, pp. 444-449.

- (66) "Los transportes urbanos y suburbanos de Londres"; *F. y T.*, 1952, núm. 213, pp. 184-185.
- (67) "Proyectos de un metropolitano en Zaragoza"; *F. y T.*, 1952, núm. 220, p. 463.
- (68) "Inauguración del metro N. en Estocolmo"; *F. y T.*, 1952, núm. 220.
- (69) "La extensión del Metro de Estocolmo"; *F. y T.*, 1953, núm. 227, pp. 263-266.
- (70) "Ramal de Sarriá en Barcelona"; *F. y T.*, 1954, pp. 40-41.
- (71) "El metropolitano y su límite de conveniencia"; *F. y T.*, 1954, núm. 233, pp. 23-26.
- (72) "Prolongación del metro transversal de Barcelona"; *F. y T.*, 1954, núm. 236, p. 154.
- (73) "Funicular de Haifa"; *F. y T.*, 1959, núm. 287, p. 280.
- (74) "El metro de Lisboa entra en servicio"; *F. y T.*, núm. 292, p. 420.
- (75) "El funicular subterráneo de Haifa"; *F. y T.*, 1960, núm. 293, p. 28.
- (76) "Metro de Milán"; *F. y T.*, 1960, núm. 293, p. 25.
- (77) "El funicular subterráneo de Haifa"; *Ibid.*, p. 28.
- (78) "Funicular de Lyon"; *F. y T.*, 1960, núm. 297, p. 139.
- (79) "El nuevo funicular del Tibidabo, en Barcelona"; *F. y T.*, 1960, núm. 299, p. 192.
- (80) "Metro de Estocolmo. Construcción de nueva línea"; *F. y T.*, 1961, núm. 304, pp. 336-337.
- (81) XXXIV Congreso de la Unión Internacional de Transportes Públicos. Copenhague, 1961. *F. y T.*, núm. 307, 1961, pp. 80-82.
- (82) "Tres ejemplos elocuentes"; *F. y T.*, 1961, núm. 308, p. 31.
- (83) "Desinfectantes perfumados en el metro de París"; *F. y T.*, 1962, núm. 302, p. 278.
- (84) "Ensayos de automatismo en Nueva York"; *F. y T.*, 1962, núm. 310, p. 175.
- (85) "El primer ferrocarril metropolitano holandés"; *F. y T.*, 1963, núm. 323, pp. 183-188.
- (86) "Centenario del primer metropolitano de Londres"; *F. y T.*, 1963, núm. 324, p. 203.
- (87) "El metro silencioso de Milán"; *Ibid.*, p. 235.
- (88) "Historia del metro de París"; *F. y T.*, 1963, núm. 327, pp. 309-310.
- (89) "Nuevo material del metro parisiense"; *F. y T.*, *ibid.*, p. 324.
- (90) "Ensayos de automatismo en el metro de París"; *F. y T.*, 1963, núm. 328, p. 325.
- (91) "Equipos experimentales para la conducción automática de trenes en el metropolitano londinense"; *Ibid.*, pp. 335-336.
- (92) "El metro de Milán"; *F. y T.*, núm. 330, p. 54.
- (93) "Ensayos de automatismo en Londres"; *Ibid.*, p. 57.
- (94) "Experiencias sobre conducción automática en ferrocarriles metropolitanos" (Traducción de artículo de M. Patراسي); *F. y T.*, núm. 331, pp. 72-74.
- (95) "Ruedas de neumáticos en el metro"; *F. y T.*, 1964, núm. 332, p. 108.
- (96) "Metro de Londres"; *Ibid.*, p. 111.
- (97) "El nuevo metropolitano sobre neumáticos de París"; *F. y T.*, 1964, núm. 333, pp. 137-138.
- (98) "Metropolitano particular de Fort Worth"; *Ibid.*, p. 144.
- (99) "Proyecto de metro en Bilbao"; *F. y T.*, 1964, núm. 335, p. 164.
- (100) "Barreras automáticas en Londres para billetes"; *F. y T.*, 1964, núm. 335, p. 198.
- (101) "Línea exprés Buda-Pest"; *F. y T.*, 1964, núm. 336, p. 223.
- (102) "Monocarril elevado"; *F. y T.*, 1964, núm. 337, p. 259.
- (103) "Proyecto de Istambul"; *Ibid.*, p. 259.

- (104) "Metro de Estocolmo"; *F. y T.*, 1964, núm. 338, p. 285.  
 (105) "Proyecto de metro de Lyon"; *F. y T.*, 1964, núm. 339, p. 317.  
 (106) "Monocarril elevado de París"; *F. y T.*, 1964, núm. 341, p. 28.  
 (107) "Nuevos coches de aluminio en el metro de Londres"; *Ibid.*, pp. 33-34.  
 (108) "Metro de Estocolmo (Conducción automática)"; *Ibid.*, p. 38.  
 (109) "La nueva red rápida del metropolitano regional de París"; *F. y T.*, 1965, núm. 342, pp. 56-60.  
 (110) "Monocarril de Tokio"; *Ibid.*, p. 65.  
 (111) "Monocarril El Paso-Ciudad Juárez"; *F. y T.*, 1965, núm. 344, p. 147.  
 (112) "Monocarril de Dallas"; *Ibid.*, p. 155.  
 (113) "Proyecto de metro de Melbourne"; *Ibid.*, p. 156.  
 (114) "Metro automático en Montreal"; *F. y T.*, 1965, núm. 345, p. 249.  
 (115) "El metro suspendido 'Safège-Transport'"; *F. y T.*, 1965, núm. 346, pp. 228-234.  
 (116) "Aerotrenes"; *F. y T.*, 1965, núm. 348, pp. 327-329 y 348.  
 (117) "El aerotrén, vehículo deslizando"; *F. y T.*, 1965, núm. 349, pp. 360-364.  
 (118) "Monocarril de París"; *F. y T.*, 1966, núm. 350, p. 419.  
 (119) "Problemas de los ferrocarriles metropolitanos"; *F. y T.*, 1966, núm. 353, p. 1.  
 (120) "Los ferrocarriles subterráneos del Japón"; *Ibid.*, pp. 9-11.  
 (121) "Progresos en los ferrocarriles metropolitanos"; *F. y T.*, 1966, núm. 354, p. 37.  
 (122) "Nueva línea de metro en Berlín"; *Ibid.*, p. 75.

#### PLANOS

- BELLA BORBA, José: *Guía Oficial de Transportes Urbanos de Barcelona*. Barcelona, 1966.  
 Berliner Verkehrs-Betriebe: *B. V. G. Liniennetz*. Berlín, 1967, escala 1:50.000.  
 Compañía Metropolitano de Madrid: *Plano de la red*. Madrid, 1967.  
 Chicago Transit Authority: *Chicago Transit Map*. Chicago, 1959, 1 1/6 pulgadas: 1 milla.  
*Foldex Plan and street index. London*. Londres, s. a., 4 pulgadas: 1 milla.  
*Foldex Plano-Guía. Madrid*. Madrid, 1965, 9.ª ed., escala 1:8.500.  
*Foldex Plano-Guía de Barcelona*. Barcelona, 1965, 4.ª ed., escala 1:10.000.  
*Hangstrom's Map of New York City*. Nueva York, s. a.  
 Intourist: *Moscow*. Moscú, 1962.  
*Kak proiejat po Leningradu*. Leningrado, 1967.  
 London Transport: *Underground. Diagram of Lines*. Londres, s. a.  
 Paris. *Hallwag Map-Plan*. Berna, 1962, escala 1:23.000.