

El sistema de transporte eléctrico en el D. F. – Metro*

M. BAUER, J. QUINTANILLA, G. FERRANDO BRAVO
y A. REYNOSO

I. INTRODUCCIÓN

EL ÁREA metropolitana de la ciudad de México (AMCM) abarca, oficialmente, todo el Distrito Federal, 53 municipios de su vecino, el Estado de México, y uno del estado de Hidalgo (figura 1). La república mexicana se compone de 31 estados y del Distrito Federal, sede del gobierno federal.

El tren urbano, llamado Metro, se ha limitado exclusivamente al Distrito Federal, a pesar de que su urbanización es inferior al 50% del total de la zona urbanizada en el AMCM. No hay duda, sin embargo, de que se trata de un factor central en las necesidades de desplazamiento de la población, que se calcula en casi 19 millones, dentro del AMCM. En la actualidad se contempla la urgencia de contar con una autoridad que coordine el transporte en el AMCM, así como la expansión futura del tren urbano a toda el área conurbada.

II. INFORMACIÓN BÁSICA Y ESTRUCTURA DEL TRANSPORTE EN EL AMCM

La urbanización actual del AMCM ocupa una área de 1 270 km² (de un total de 6 000 km²), de los cuales 554 km² corresponden al Distrito Federal, que cuenta con una área total de 1 320 km². El AMCM concentra cerca del 25% de la población total del país. Las figuras 2a y 2b muestran la información histórica disponible y la proyección (conservadora) de 1984 para el año 2010, relativa al crecimiento de la población en esa misma área. Muestran claramente que el AMCM se ha convertido en una de las concentraciones urbanas más grandes del mundo.

* El material de esta presentación ha contado con el gran apoyo de los trabajos presentados en el foro del Programa Universitario de Energía sobre *Uso racional de la energía en el sector de transporte de México* (marzo de 1987). Se actualizó gracias a la colaboración del Sistema de Transporte Colectivo Metro y el Departamento del Distrito Federal. Queremos agradecer la ayuda de la Comisión General del Transporte del D. F. y la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano del D. F.

FIGURA 1

ÁREA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE MÉXICO (AMCM)

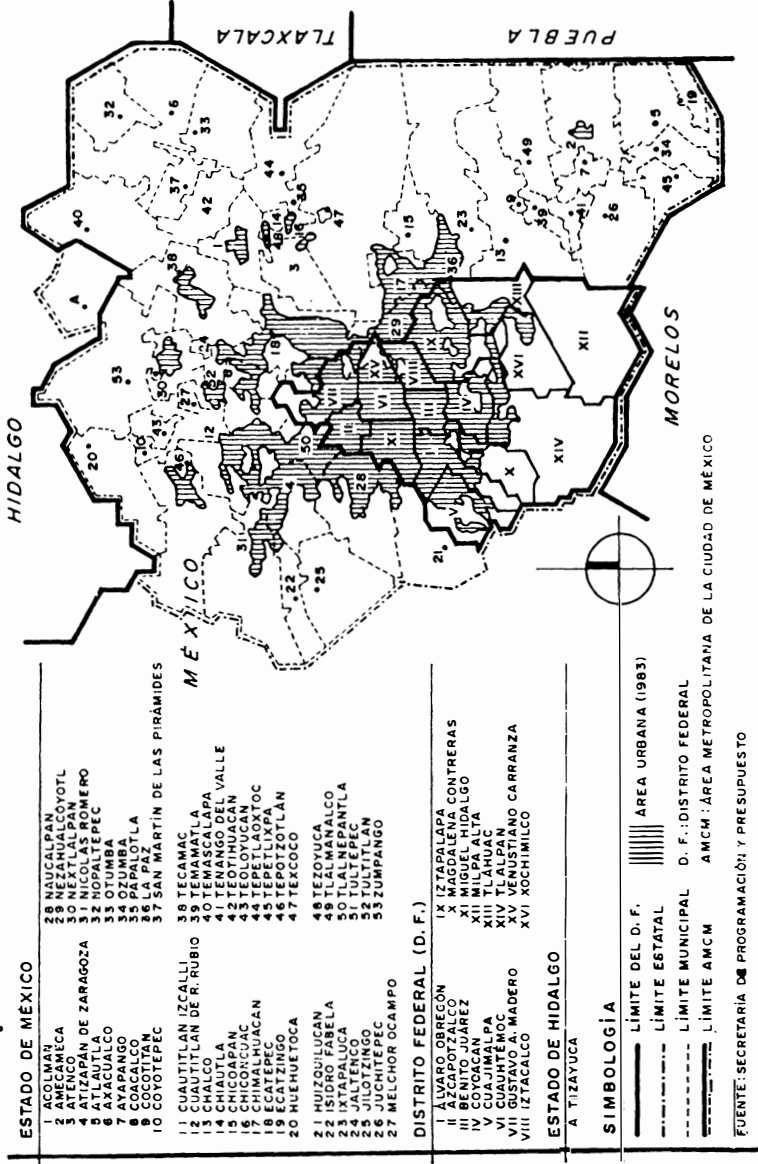
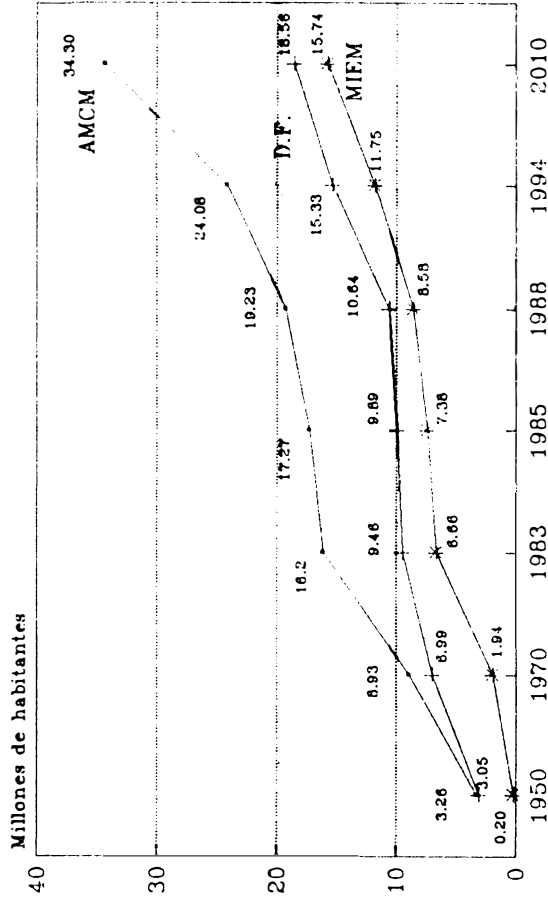


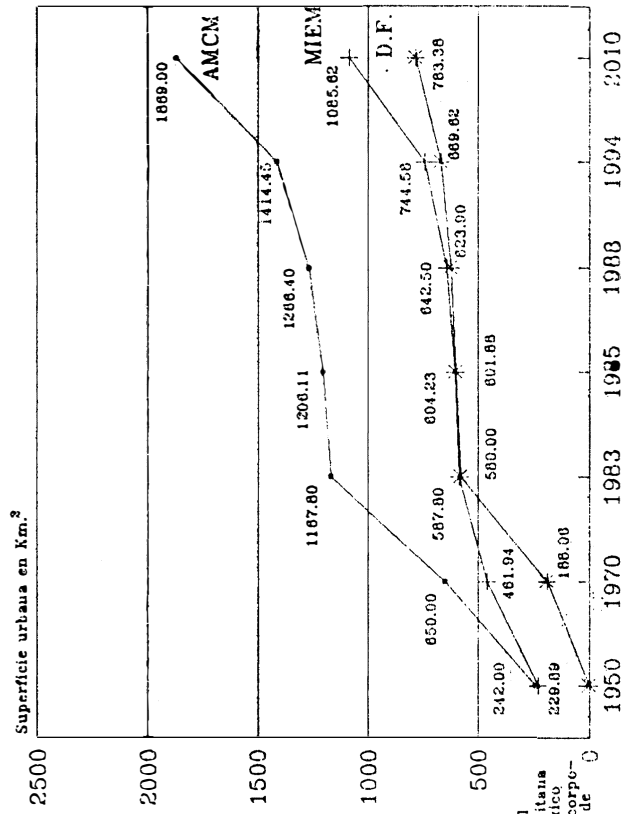
Figura 2a
 Proyecciones (1983) de crecimiento de
 la población del área urbana del AMCM



D.F. : Distrito Federal
 AMCM: Área Metrop. de la Cd. de Méx.
 MIEM: Municip. Incorp. del Edo de Méx.

Fuente: Estudio de la Población en el D.F.
 (1975); información estimada con base en
 los Planes de Desarrollo Urbano del D.F.
 y del Estado de México

Figura 2b
 Proyecciones (1983) de aumentos
 del área urbana del AMCM



D.F.: Distrito Federal
 AMCM: Área Metropolitana de la Ciudad de México
 MIEM: Municipios incorporados en el Estado de México

Fuente: Estudio de la Población en el D.F. (1976). Información estimada con base en los Planes de Desarrollo Urbano del D.F. y del Estado de México.

El AMCM es responsable de casi la tercera parte del producto nacional bruto; también concentra a más del 40% de los vehículos registrados en el país, el 28% de las ventas totales de gasolina y el 16% de las de diésel.

El transporte dentro del AMCM se efectúa en la actualidad en autos privados (3.5 millones), taxis individuales y colectivos con rutas fijas (16 000 en el estado de México y 47 000 en el D. F.) autobuses sub-urbanos, *i.e.* fuera del D. F. (800 unidades), el sistema de transporte público municipal de autobuses urbanos (6 000 unidades), trolebuses (1 035 unidades), tren ligero (3 unidades), y el Metro. Los vehículos utilizados en el servicio de taxis colectivos con rutas fijas son camionetas que por lo general transportan a 10 pasajeros a la vez. Las figuras 3a y 3b muestran la distribución modal por pasajero transportado de 1982 a 1988. El aumento tan agudo acontecido entre 1986 y 1987 (30 millones sobre 20) fue el resultado de las restricciones económicas, que únicamente permitían mantener en servicio 3 500 de los 6 000 autobuses urbanos. En 1987, las rutas de autobuses se recortaron considerablemente y por ello mismo se obligó a los pasajeros a terminar su jornada de viaje con otros modos de transporte, la mayoría mediante taxis colectivos. Esta situación originó un aumento considerable en estas unidades.

Podemos observar así que, en 1988, la distribución modal de 30 millones de pasajeros transportados fue: en Metro, 16%; autobuses urbanos, 22%; trolebuses y tren ligero, 2%; autobuses suburbanos, 18%; taxis individuales y colectivos, 26%; y automóviles privados, 16%.

La figura 4 muestra la necesidad de disminuir el crecimiento fulminante, acaecido durante los últimos 50 años exclusivamente en el DF, de los vehículos de combustión interna. De ahí la importancia del impacto del Metro y la necesidad de que cubra, a la brevedad posible, una superficie más amplia. Se calcula que el número de autos privados en el AMCM alcanza los 3.5 millones. Los autobuses sub-urbanos circulan dentro del D. F. exclusivamente para llegar a las estaciones terminales de las diferentes líneas del Metro. Por lo demás, el Metro también proporciona un modo de transporte más rápido (ver figura 5), porque circula a una velocidad de 35 km/h, comparada con los 15 km/h promedio que alcanzan apenas los vehículos que circulan por la superficie. Los usuarios del Metro en la ciudad de México ahorran unos 500 millones de horas por año.

III. EL DESARROLLO Y EL IMPACTO DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO

El Metro de la ciudad de México se inauguró en septiembre de 1969, con una línea de 12.7 km y 16 estaciones. Para 1982 ya existían 3 líneas, 48 estaciones y una longitud de 41.1 km. La siguiente etapa de construcción, de 1977 a 1982, concluyó con 78.8 km y 80 estaciones en 4 líneas.

Figura 3a
 Distribución modal de pasajeros
 transportados (1982-1987) en el AMCM

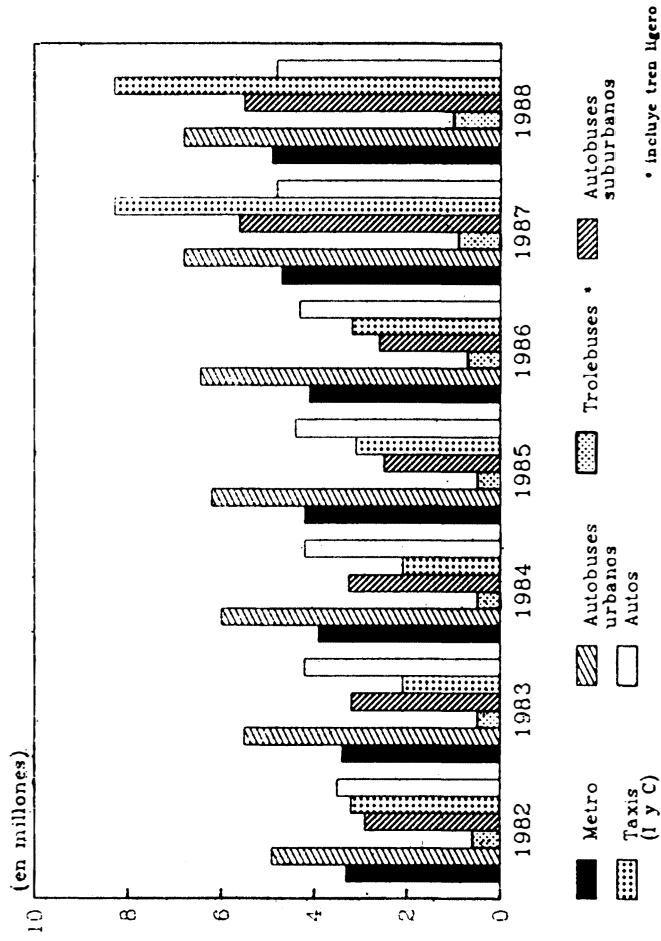
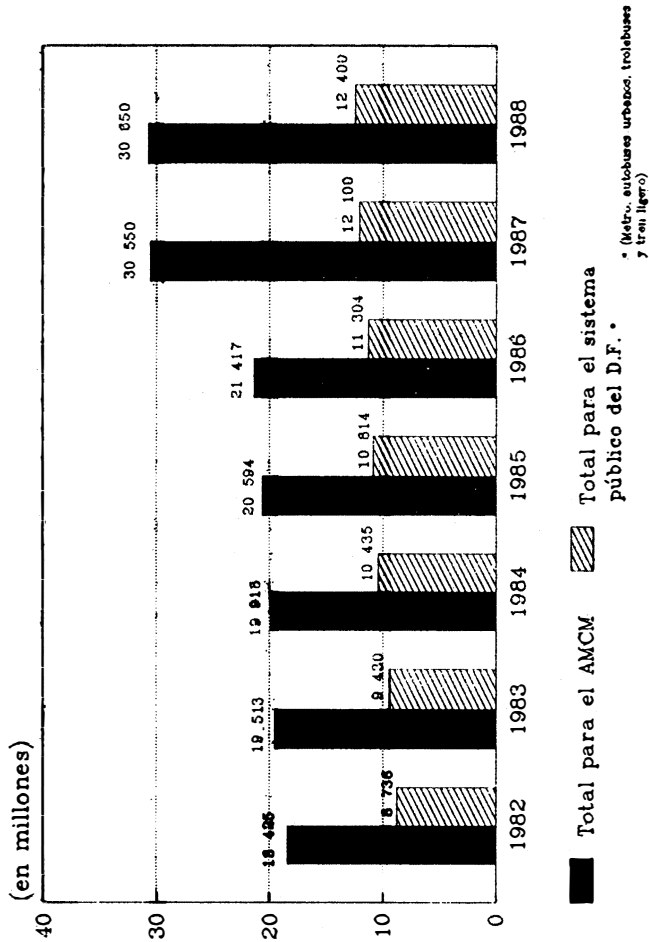


Figura 3b
 Totales de pasajeros transportados en el
 sistema público del D.F. y para el AMCM



En la actualidad, el Metro cuenta con una red de 9 líneas, 141 km y 125 estaciones, de las cuales 16 son de transbordo. De estas 16, 2 tienen triple correspondencia (figura 6). Se ha alcanzado un promedio de crecimiento de 10 km anuales durante las últimas etapas de construcción.

El cuadro 1 muestra la evolución de la afluencia de pasajeros, que llega a un total de 1 476 millones en 1988, un promedio de 4 586 millones de pasajeros en días hábiles, y una razón de 12.7 millones de pasajeros por kilómetro en servicio. La afluencia máxima registrada de la red se dio el 8 de mayo de 1989, con 5 213 millones de pasajeros.

El cuadro II muestra los principales resultados e índices de operación para el período 1978-1988. Existe un aumento constante en el total de pasajeros, en el promedio relativo por día hábil, así como en los kilómetros y el número de vagones utilizados. De manera correspondiente, existe un descenso en índices tales como pasajeros por carro y pasajeros por kilómetro.

La energía (kWh) consumida muestra un aumento importante (56%) en 1984, en relación al de 1983. Este aumento es coincidente con la inauguración de la línea 6 y con un agudo aumento de pasajeros por año, que fue de 122 millones, si se lo compara con los aumentos anuales que iban de 50 a 80 millones. Se dio un aumento considerable en el consumo final de energía (electricidad) por pasajero, mismo que había disminuido sistemáticamente a partir de 1983, aunque ya se ha nivelado a unos 0.54 kWh/pasajero. Como se menciona más adelante, esto corresponde a 1.68 kWh/pasajero de energía secundaria.

La electricidad del Metro proviene de la red altamente interconectada que surte a la región central del país. En general, la electricidad en México es, en un 76.3%, de origen termo-eléctrico convencional (57.7% de combustóleo, 10% de gas natural, 7.5% carbón, 1.1% diesel), en 4.7% geotérmica y en 19% hidroeléctrica. Sin embargo, las plantas de carbón y las geotérmicas se localizan en las áreas del norte y noreste del país, de ahí que no tengan la posibilidad de surtir a la red de la zona central. Esta red se surte del fluido generado con combustóleo, gas natural y fuerza hidroeléctrica (y en un futuro cercano, con la planta nuclear de Laguna Verde). Más aún, las dos plantas termo-eléctricas, que en virtud de su cercanía y por los vientos predominantes han afectado la calidad del aire en el AMCM, se manejan en la actualidad casi exclusivamente (en 60%) con gas natural. Con una eficiencia promedio de transformación de productos derivados del petróleo en electricidad del 32%, el Metro requiere un equivalente de $0.54/0.32 = 1.68$ kWh/pasajero en términos de combustóleo, diesel o gas natural.

El impacto del Metro en los problemas de tránsito por la superficie es preocupación central del llamado Plan Rector de Desarrollo, que es el que rige la construcción del sistema. Este plan se ha revisado varias veces, e intenta cubrir las necesidades de transportación y los cambios de patro-

Figura 4
 Análisis comparativo del crecimiento de
 la población vehicular dentro del D.F.

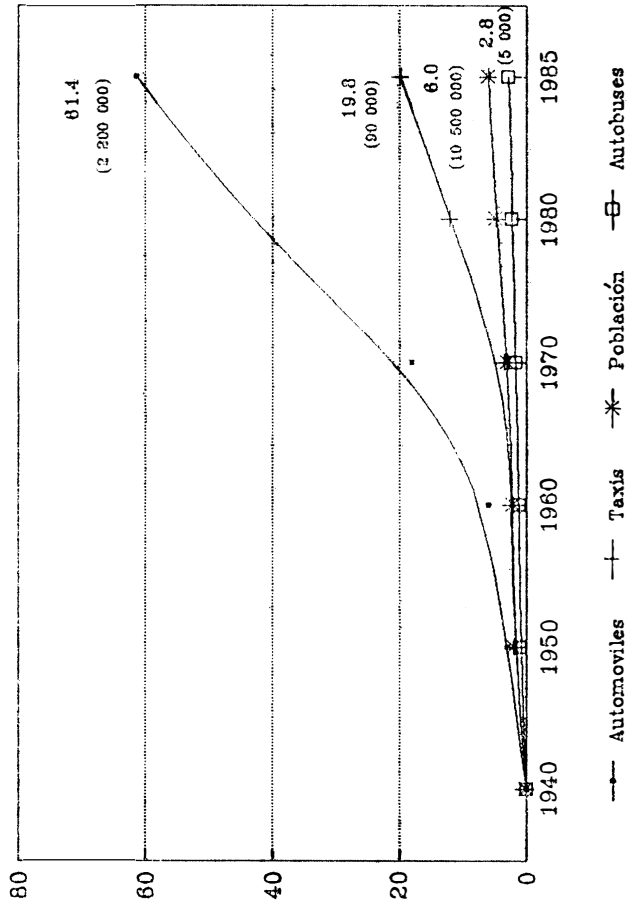
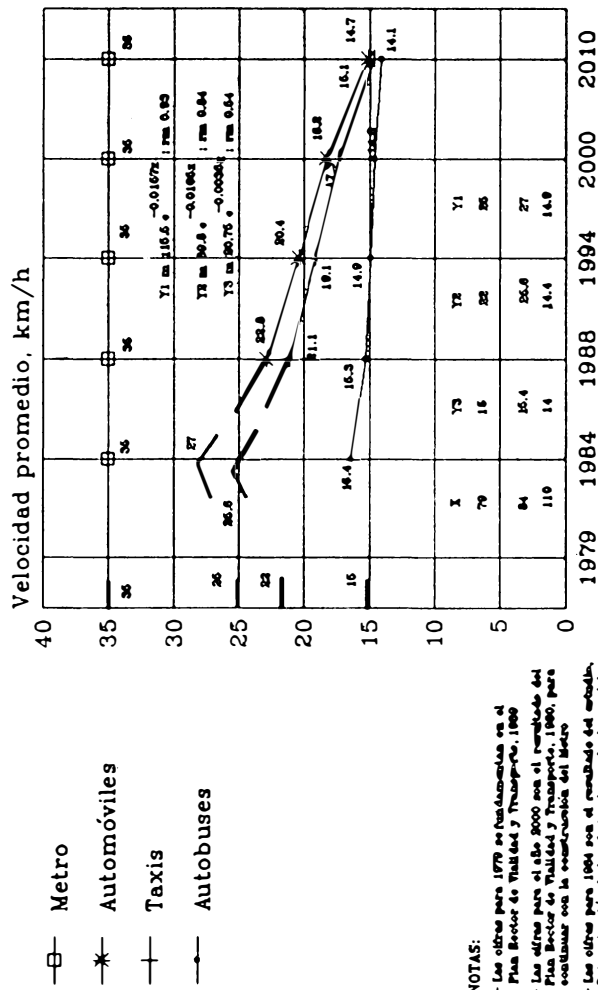


Figura 5
Velocidad promedio del sistema de
transporte de pasajeros en el D.F.



NOTAS:

- Los datos para 1979 se fundamentan en el Plan Sector de Vialidad y Transporte, 1980
- Los datos para el año 2000 son el resultado del Plan Sector de Vialidad y Transporte, 1990, para continuar con la reconstrucción del Metro
- Los datos para 1994 son el resultado del estudio "Determinación de la oferta-demanda de servicio en buses de ruta", CONTRA, 1994

FIGURA 6

RED DEL METRO EN LA ACTUALIDAD

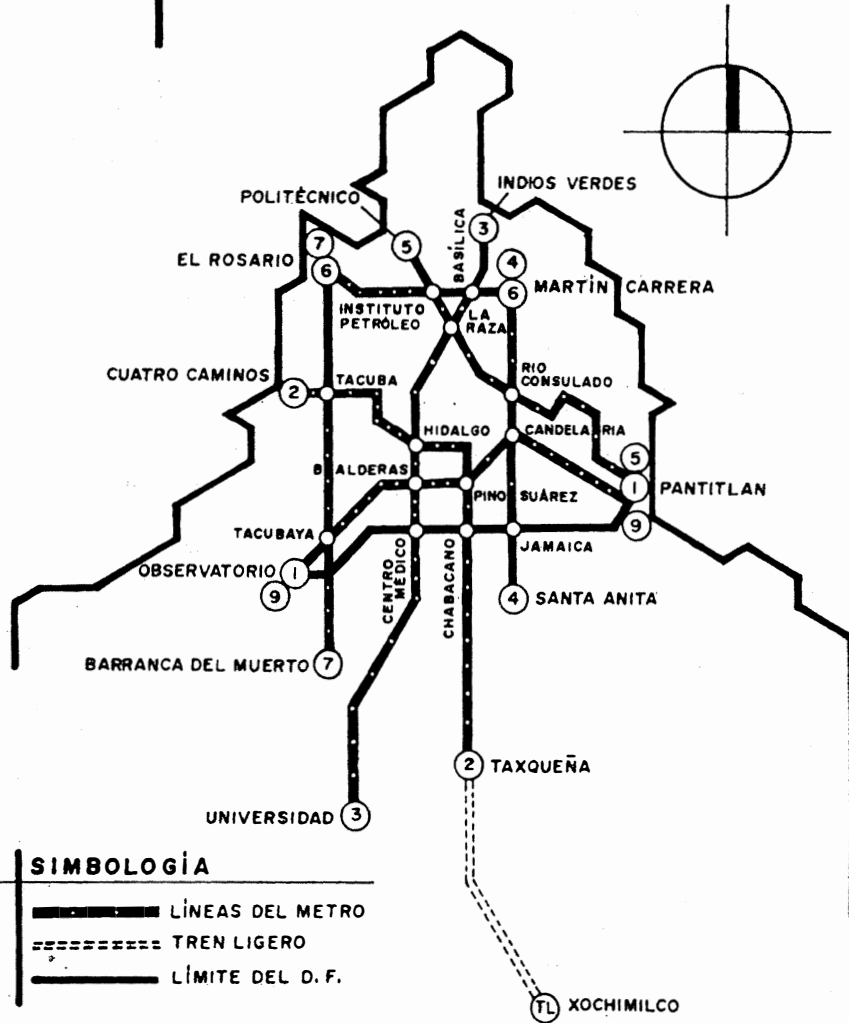
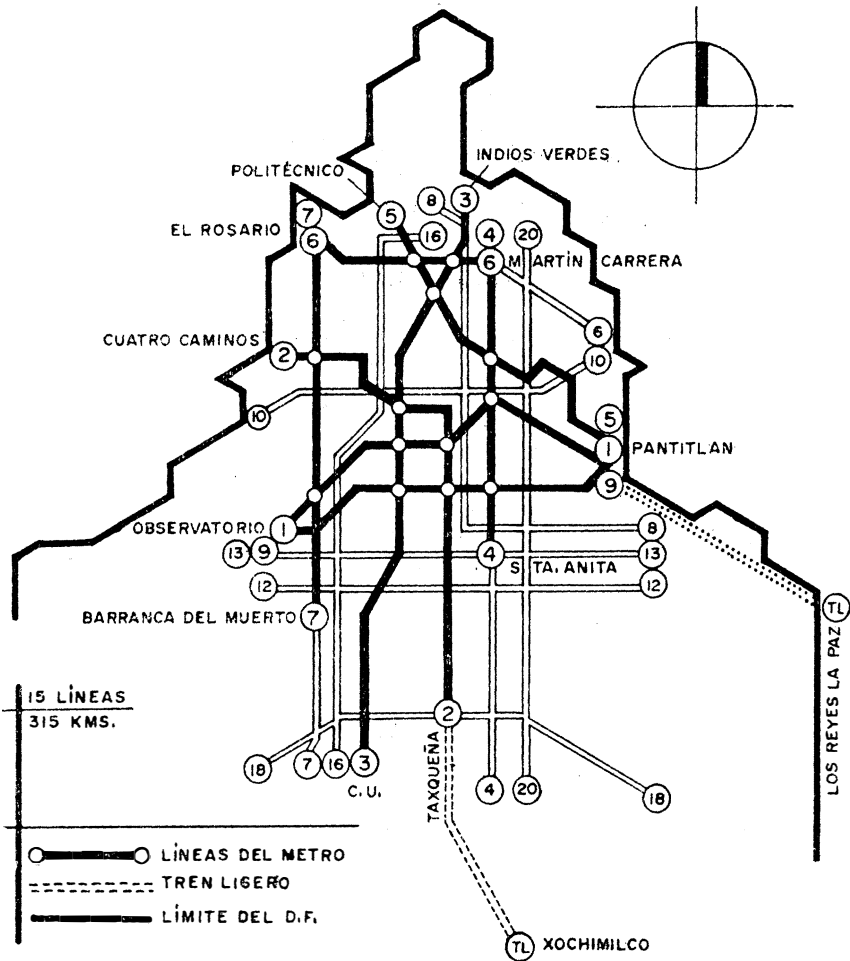


FIGURA 7

PROYECCIÓN DE LA RED DEL METRO EN LA CIUDAD DE MÉXICO PARA EL AÑO 2010



CUADRO I

FLUJO ANUAL POR LÍNEA (1969-1988) (en miles)

Año	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Línea 5	Línea 6	Línea 7	Línea 9	Total
1969	26 861	—	—	—	—	—	—	—	28 861
1970	97 782	41 631	2 197	—	—	—	—	—	141 610
1971	144 269	155 842	28 791	—	—	—	—	—	328 902
1972	168 409	184 136	36 609	—	—	—	—	—	389 154
1973	192 865	201 787	42 571	—	—	—	—	—	437 223
1974	222 540	219 572	50 244	—	—	—	—	—	492 356
1975	250 620	245 543	55 186	—	—	—	—	—	551 349
1976	276 384	266 135	62 271	—	—	—	—	—	604 790
1977	294 689	297 596	67 524	—	—	—	—	—	659 809
1978	325 605	331 380	79 878	—	—	—	—	—	736 863
1979	368 261	365 092	104 146	—	—	—	—	—	837 499
1980	383 152	385 692	140 763	—	—	—	—	—	909 607
1981	386 844	397 710	195 342	7 237	299	—	—	—	987 432
1982	375 646	393 442	216 558	25 579	22 257	—	—	—	1 037 482
1983	376 785	409 395	237 679	35 997	56 644	239	—	—	1 116 739
1984	404 225	424 527	293 022	39 767	70 123	10 353	232	—	1 242 249
1985	409 076	450 074	317 854	40 438	81 235	13 552	12 214	—	1 324 443
1986	410 596	411 240	321 865	49 382	92 582	28 103	48 166	—	1 361 934
1987	418 174	429 766	314 451	47 295	89 924	48 007	50 114	16 387	1 414 118
1988	407 843	477 814	310 980	45 163	91 372	53 165	53 136	66 589	1 476 062
TOTAL	5 941 626	6 058 374	2 877 931	294 858	504 436	153 419	163 862	82 976	16 077 482

FUENTE: Sistema de Transporte Colectivo Metro, Reporte Anual, 1988.

CUADRO II

PRINCIPALES RESULTADOS E INDICES DE OPERACION (1978-1988)

Concepto	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Pasajeros en la red	738 822 182	837 498 700	909 606 332	987 431 883	1 037 481 757	1 116 758 830	1 242 249 883	1 324 444 130	1 381 933 570	1 414 116 998	1 476 068 481
Promedio de pasajeros en días hábiles	2 260 702	2 555 149	2 758 050	3 011 412	3 152 851	3 302 087	3 928 699	4 113 877	4 220 934	4 424 886	4 386 567
Máximo de afluencia/día	2 831 417 18-dic. viernes	2 847 146 14-dic. viernes	3 130 642 29-nov. viernes	3 413 357 11-oct. viernes	3 517 008 15-nov. lunes	3 883 480 2-dic. viernes	4 300 375 7-dic. viernes	1 489 083 13-sep. viernes	4 534 892 9-may. viernes	8 827 937 11-dic. viernes	4 969 287 13-dic. jueves
Km cubiertos	9 180 888	9 843 887	11 165 287	12 483 447	14 937 311	18 017 119	21 687 981	24 017 927	25 672 284	28 758 564	28 773 000
Total de carros	832	882	882	1 035	1 350	1 764	1 940	2 080	2 152	2 242	2 260
Consumo de energía (kWh)	339 631 680	358 368 000	377 791 800	390 395 800	398 889 600	421 235 400	657 795 629	719 192 988	720 083 815	749 451 358	803 919 827
Índice pasajeros/carro-km	8.92	9.45	9.05	8.79	772	6.89	6.38	8.12	5.89	n.m.	5.70
Pasajeros por km de línea	19 443 694	21 362 239	20 398 717	19 801 310	15 680 089	15 164 735	14 451 885	14 077 332	12 967 832	12 833 581	12 714 058
Pasajeros por carro disponible	864 882	951 703	1 031 300	1 008 558	847 818	646 260	640 334	636 752	651 955	841 052	680 089
Km cubiertos por carro	99 792	100 674	113 932	114 527	109 833	98 839	100 874	103 973	110 603	109 161	115 850
Pasajeros por km de viaje	80.26	85.07	81.57	79.10	69.48	61.98	57.27	55.14	53.05	52.85	51.30
Índice kWh/pasajero	0.4609	0.4279	0.4153	0.3954	0.3845	0.3772	0.5295	0.5430	0.5287	0.5300	0.5446
Índice kWh/km de viaje	38.9933	36.4059	33.8363	31.2731	26.7042	23.1797	30.3300	29.9440	28.0491	28.0100	27.9400

nes, pero, de manera más significativa, responde a las restricciones financieras de los últimos años. Por ejemplo, la construcción de la línea 9 se pensó para aliviar la presión de la línea 1: corre en curso paralelo y tiene las mismas estaciones finales (figura 6). Por otro lado, la proyección actual de la construcción para el año 2010, pretende abarcar una red de 315 km, con 15 líneas, 247 estaciones, 838 trenes y 30 terminales, para dar servicio a más de 13 millones de pasajeros por día (ver figura 7). Estas cifras están muy por debajo del proyecto original propuesto (655 km, 34 líneas).

Es importante destacar que el Plan Rector de Desarrollo contempló desde su inicio la coordinación entre el sistema urbano de autobuses (denominado Ruta 100), también de factura municipal, con las líneas de autobuses sub-urbanos que entran a la zona central de la ciudad. Por lo mismo, el sistema de transporte de superficie se reorganiza y reorienta en la medida en que crece el Metro.

Como consecuencia, el Metro también administra 15 terminales de transferencia, que ocupan 292 000 m², entre transporte público, vehículos y red. En estas terminales, que son utilizadas por 525 millones de pasajeros al año, se establecieron además grandes lotes de estacionamiento. Durante 1988 fueron cubiertas aproximadamente 200 rutas de autobuses y taxis colectivos, con una afluencia diaria de 61 000 unidades que conectaban con estas 15 terminales.

Uno de los problemas más serios de la ciudad de México es la contaminación del aire, la que, en buena medida, proviene de los autos y autobuses. Otra forma de inferir el impacto del Metro sería la de calcular los autobuses suplementarios que se necesitarían para dar servicio a la cantidad de pasajeros que transporta el Metro. Por ejemplo, tomemos en consideración la línea 2, que es la de mayor afluencia. En las horas de mayor tránsito (que pueden sobrepasar 18 horas diariamente), esta línea puede transportar en todo momento 60 000 pasajeros, con 38 trenes que corren a intervalos de 130 segundos. Esta misma cantidad de pasajeros requeriría de 1 412 autobuses (para 42 pasajeros cada uno), con intervalos de 5 segundos. Estos autobuses, a 20 km/h y 4 km/l, consumirían 7 078 litros de combustible diesel por hora, y arrojarían a la atmósfera 22 toneladas de CO₂ por hora. El consumo de energía de los autobuses sería de 1.45 kWh por pasajero, que es 15.8% inferior al del Metro. Sin embargo, si aumentara el número de autobuses al nivel requerido para sustituir al Metro (algunos miles por las 9 líneas), los congestionamientos ocasionados por el tránsito regular alcanzarían proporciones catastróficas, además de aumentar el tiempo de desplazamiento entre un lugar y otro. En la actualidad, durante las horas de tráfico más intenso, la velocidad de circulación por las avenidas principales y vías rápidas es menor de 7 km/h. Bajo tales condiciones, aumenta el consumo de energía por autobús, al igual que la contaminación del aire. Es por ello que, en comparación, el Metro ahorra muchas horas-hombre y ayuda a controlar la contaminación, a pesar de consumir más energía.

Para terminar, los autos necesarios para enfrentar las carencias del transporte que señalamos en el párrafo anterior superarían los 50 000, con un requerimiento de 156 250 litros de gasolina, un consumo mucho más elevado de energía por pasajero y emisiones de CO y HC, por la ocupación actual promedio de 1.2 pasajeros por carro, un promedio de velocidad de 25 km/h y un consumo promedio de 8 km/l. Pero este ejercicio de cálculo es netamente académico. En una reciente encuesta entre usuarios del Metro, se constató que un 95% de ellos no tiene los medios para comprar un auto. El 5% restante corresponde a usuarios que dejan su auto en los estacionamientos de las estaciones terminales del Metro.

El impacto en la planeación del uso de la tierra ha sido mínimo, en virtud de que el Metro se construyó para servir a una ciudad que ya existía. Por el otro lado, subsiste un impacto en el tránsito, porque las líneas fueron diseñándose para correr paralelamente, o muy cercanas, a las avenidas de mayor congestión. También, se han alejado las líneas de autobuses del centro histórico (centro de la ciudad) porque ahí arriban varias líneas del Metro. Con ello se ha facilitado la reconstrucción de los edificios históricos, además de que algunas calles se utilizan exclusivamente como zona peatonal, lo que significa una atracción turística.

IV. AVANCE TECNOLÓGICO Y FINANCIAMIENTO

En sus inicios, la construcción del Metro se hizo con ingeniería civil totalmente mexicana, ingeniería que tiene una gran experiencia para enfrentar las peculiaridades del subsuelo de la ciudad de México —que originalmente era un lago. El sistema tiene tramos bajo tierra (92.4 km), por la superficie (28 km) y secciones elevadas (14.4 km). Ninguna de las líneas resultó dañada o debió cerrar su funcionamiento —más que para una revisión profunda y total— por el sismo ocurrido en 1985. La planeación de las líneas contó con el apoyo técnico de Francia, en especial en las tres primeras líneas.

Para echar a andar el proyecto, se contrató asistencia y equipo, para los aspectos mecánicos y eléctricos, del gobierno y empresas de Francia. En la actualidad ya existe una gran cantidad de integración tecnológica. El manejo y la administración los efectúan técnicos mexicanos.

Todas las líneas fueron concebidas y diseñadas sin bifurcaciones o cruzamientos de niveles; sin embargo, existen conexiones entre líneas que permiten el tránsito de los trenes a los talleres. También vías auxiliares y pequeñas desviaciones para estacionamiento y reparaciones. Las plataformas de las estaciones tienen una longitud de 150 metros para trenes con 9 vagones. Las estaciones bajo tierra cuentan con plataformas laterales, mientras que las de la superficie o las elevadas, con una plataforma central. En conjunto, suman 125 estaciones con un espaciamiento promedio entre ellas de un kilómetro.

Las líneas fueron construidas con vías dobles y circulación del lado derecho. La corriente eléctrica de 750 voltios dc es suministrada por sub-estaciones rectificadoras con un espaciamento de 1.5 km. La circulación de los trenes en cada línea se basa en un Sistema de Piloto Automático, supervisado en la Oficina de Control Central por un regulador de tránsito, al que asiste el Sistema Automático de Regulación. Este consiste en dos computadoras por línea y en una computadora central.

Con respecto al equipo rodante, éste cuenta con 253 trenes de 9 y 6 vagones con llantas de caucho; el número total de vagones sobrepasa los 2 300. La organización tiene 9 900 trabajadores, lo que quiere decir que durante 1988 había 70 empleados por kilómetro de vía y 140 000 pasajeros por empleado.

No hay duda de que la cooperación internacional ha sido de gran importancia, en especial durante el inicio del proyecto. Pero México ha seguido un camino exitoso para lograr la integración tecnológica. En la actualidad, el Sistema del Metro otorga a diversas plantas industriales apoyo y asesoría técnica, además de normas de control de calidad: el 70% de las refacciones necesarias para que el Metro funcione adecuadamente, se construye en México (para detalles ver el cuadro III). Estos beneficios son, sin duda, de gran utilidad para la economía nacional. El costo de un kilómetro de vía es de 41 millones de dólares, mismo que genera empleo directo para más de 250 000 trabajadores por año. En el avance del Metro participan aproximadamente 29 compañías proyectistas, 14 de construcción y 13 de supervisión, la mayoría de ellas con capital mexicano. La red invierte para su mantenimiento, 14 millones de dólares en implementos de diversos proveedores, con lo que se contribuye a generar competencia entre un importante sector de la industria en la economía mexicana.

En 1973, cuatro años después de poner en servicio la primera línea, se tomó una decisión importante en relación al equipo rodante. La Constructora Nacional de Carros de Ferrocarril (CNCF), compañía paraestatal, construiría y proporcionaría las unidades requeridas, usando como prototipo el diseño francés original con que se iniciaron las operaciones. Hoy en día, de un total de 2 300 vagones, se ha construido en México el 60%, con precio y calidad tan competitivos que ha sido posible exportar estas unidades. La asimilación de la tecnología importada ha servido de base a innovaciones tecnológicas. He aquí dos ejemplos: la creación de un sistema prototipo de pago que se basa en una tarjeta magnética, y el desarrollo de un simulador del sistema Metro para capacitar a sus supervisores e inspectores. Este simulador se diseñó y construyó en el Instituto de Investigaciones Eléctricas, que también ha diseñado simuladores para capacitar operadores en plantas termo-eléctricas y nucleo-eléctricas. Con ese simulador, el Metro ha otorgado asistencia técnica al Metro de Caracas, en Venezuela. En breve servirá en los Metros de las ciudades de Monterrey y Guadalajara.

CUADRO III

INTEGRACIÓN (% DEL COSTO) DE LAS LÍNEAS DEL METRO
MÁS RECIENTES

A) Instalaciones fijas

<i>Artículos</i>	<i>Integración actual (% del del costo)</i>	<i>Proyección a mediano plazo (1 a 2 años)</i>	<i>Proyección a largo plazo (5 a 7 años)</i>
Vías	80	100	—
Equipo de voltaje bajo	80	100	—
Equipo de alto voltaje	50	80	—
Bombeo y sistemas de ventilación grande y chico	100	—	100
Implementos electromecánicos			
Sistemas técnicos de alarma	45	80	100
Mandos centrales	10	50	100
Piloto automático	10	50	100
Sistemas de señalización	30	10	100
Computadoras	0	10	100
Telefonía	50	80	100
Sistemas de sonido	45	90	100
Relojes en plataforma	60	80	100
Baterías para sistemas de señalización	70	100	—
Torniquetes	25	50	100
Intercomunicación	35	50	100
B) Equipo rodante			
"Bogie"	90	95	100
Chasis y carrocería	100	—	—
Equipo de frenos y tracción	60	80	100
Equipo de neumáticos y electrónico	90	95	100
Equipo de señalización e iluminación	80	90	100
Sistema de control y electrónica	30	50	100
Equipo eléctrico seleccionado	50	70	100

El desarrollo del Sistema Metro ha sido financiado por el Gobierno Federal en un 30%, por algunos préstamos otorgados por el Tesoro de Francia en un 20%, y mediante la renovación de créditos comerciales de bancos franceses a través del Banco Nacional de París en un 50%. Los préstamos efectuados por el Tesoro de Francia son a largo plazo y con tasas fijas de interés bajo (2-3.5%, dependiendo del año del contrato).

Las líneas de crédito llevan un interés de tasa LIBOR, y éstas se aplican directamente a proveedores franceses que suministran algún equipo y consultoría técnica.

En 1988, el promedio de los costos de operación y mantenimiento era de 238.38 pesos (0.10 U.S.) por pasajero (incluido el costo de la electricidad, que está subsidiada con una tasa aproximada del 60% del costo). Esto debe compararse con la tarifa de 100 pesos (0.04 U.S.). El sistema está muy subsidiado, si se toma en consideración que se trata de un servicio social. Deben tomarse en cuenta algunas consideraciones. El salario mínimo en el AMCM es de 8 640 pesos diarios (aproximadamente, 3.5 U.S. diarios). Los trabajadores que perciben ese salario viven, en su gran mayoría, en zonas remotas de la ciudad. Deben utilizar, además del Metro y los autobuses urbanos (también subsidiados), autobuses sub-urbanos o taxis colectivos con ruta fija. Estos tienen tarifas que varían entre 3 y 15 veces la tarifa del Metro, dependiendo de la distancia del trayecto. De ahí que para los grupos con ingresos más bajos, la transportación resulte una carga, la que se agravaría si el Metro y los autobuses urbanos cobran una tarifa no subsidiada. Estos subsidios provienen del Gobierno Federal y del presupuesto del Distrito Federal.

Existen algunos problemas en la operación del Metro. Uno de los principales es el de las aglomeraciones, sobreocupación, falta de fluidez en los corredores, etcétera. Se han aplicado algunas medidas en este sentido, como la de dosificar el número de usuarios en las estaciones de mayor afluencia; separar hombres de mujeres; uso de mamparas móviles a fin de agilizar el flujo de pasajeros y evitar aglomeraciones en las plataformas, así como diversas orientaciones que procuran obtener la cooperación de los pasajeros. Durante las horas de mayor afluencia, se envían trenes vacíos para aliviar las estaciones intermedias.

Otros problemas se relacionan con aspectos técnicos y de operación, tales como adaptaciones mecánicas y sustitución de partes. Todo ello está a cargo de personal especializado, el que se concentra, en la medida de lo posible, en tomar medidas preventivas. Esto se ha reflejado en que, en 1988, hubo un promedio de 5.8 fallas mecánicas por cada 10 000 m. En cuanto a reventones, en 36 160 llantas hubo sólo 2.5 cada millón de kilómetros. El efecto global puede ser medido ampliamente una vez que se reconoce el uso intensivo del Metro (número de pasajeros transportados anualmente) de la ciudad de México que actualmente ocupa el tercer lugar mundial, después del de Moscú y el de Tokio.

V. CONCLUSIONES

El Sistema de Transporte Eléctrico de la Ciudad de México (Metro) puede considerarse como todo un éxito en su operación. Los habitantes del D. F. están conscientes de que los problemas actuales de la ciudad,

como la contaminación del aire y el tránsito, podrían agravarse si no existiera el Metro. Es desafortunado que, dada la crisis económica, la red no pueda expandirse como se había planeado originalmente. Como se mencionó en la introducción de este trabajo, se ha establecido una coordinación entre el D. F. y el Estado de México para planear conjuntamente las necesidades que ayuden a enfrentar las carencias existentes en el transporte para toda el AMCM. Esto incluye la construcción sobre la superficie de conexiones de trenes (sub-urbanos), así como la ampliación del Metro.

Para terminar, puede decirse que la experiencia mexicana debe alentar a otros países en desarrollo, que también tienen grandes concentraciones urbanas, a estructurar y poner en marcha en un futuro cercano el sistema de transporte masivo.

Traducción de Graciela Salazar J.

BIBLIOGRAFÍA

- “Racionalidad energética en el sector transporte en México”, Programa Universitario de Energía, UNAM, 1987.
- Sistema de Transporte Colectivo Metro, *Informe Anual*, 1988.
- Programa Maestro del Metro*, Departamento del Distrito Federal, Secretaría General de Obras, Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, 1986.
- “Compendio de Datos Técnicos Relevantes del Metro”, Documento técnico 17, Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México, 1988, versión preliminar.
- Metro y tecnología, Boletín técnico informativo del Sistema de Transporte Colectivo de la Ciudad de México, varios números, 1988.