



Comunidad de Madrid

CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS,
URBANISMO Y TRANSPORTES

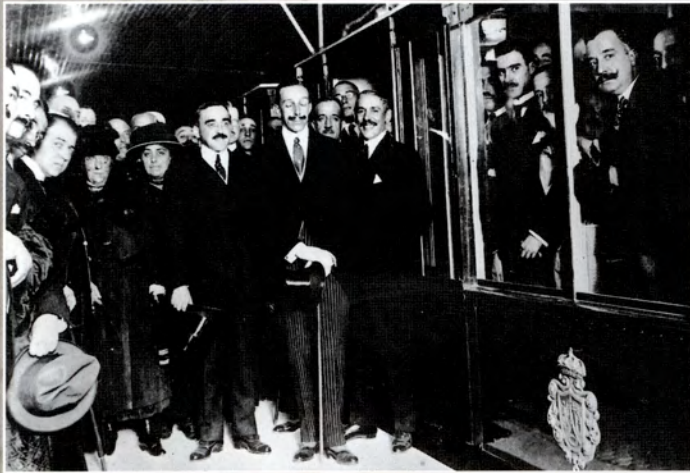
AMPLIACION DEL METRO DE MADRID

1995 - 1999



Ampliación del Metro de Madrid 1995-1999

EL METRO DE MADRID HACIA EL SIGLO XXI



El primer tramo del Metro de Madrid fue inaugurado por S.M. el Rey D. Alfonso XIII en 1919, lo que permitió a Madrid unirse con otras grandes ciudades como Londres, París y Nueva York, en lo que al intenso desarrollo urbano se refiere. Unos ochenta años más tarde, el Gobierno Autónomo de la Comunidad de Madrid ha llevado a cabo un ambicioso plan de expansión, consistente en diseñar y construir, en 42 meses, 38 km nuevos del subterráneo madrileño, con 34 estaciones, más 18 nuevos km. en superficie, con 4 nuevas estaciones en su recorrido. Así, este siglo acabará con una extensa y moderna Red del Metro de Madrid.

Desde los primeros 4 km. realizados en 1919, hasta los 120 km. contruidos hasta 1995, el Metro de Madrid ha sufrido numerosos cambios estructurales como consecuencia del desarrollo urbano. El actual plan de expansión del Metro, iniciado en 1995 por la Consejería de Obras Públicas del Gobierno de la Comunidad de Madrid, es un proyecto muy ambicioso que cuenta con un presupuesto del orden 200.000 millones de pesetas. En 1995, el objetivo era que la red llegara a tener, al cabo de cuatro años, 176 km. de extensión, convirtiéndose así en la octava red mayor del mundo, e inaugurar 38 estaciones nuevas equipadas con los últimos avances tecnológicos por lo que a confort y seguridad se refiere.

Al aumentar la intensidad del tráfico en superficie en Madrid, con el consiguiente incremento de la contaminación atmosférica y acústica, la expansión de la Red de Metro se convirtió en una necesidad de primer orden por el crecimiento del gran Madrid. En la actualidad llega prácticamente hasta cualquier rincón de la ciudad y puede animar a muchos conductores a prescindir del uso de sus vehículos.

Nuevos tramos y una prolongación al aeropuerto

La Consejería de Obras Públicas de la Comunidad de Madrid, a través de su Departamento de Planificación Urbana y Transporte, se dio cuenta de la necesidad de que el Metro llegara a ocho distritos periféricos, cuyos residentes serán los principales beneficiarios de este plan de expansión. Las nuevas estaciones serán utilizadas por más de 111 millones de pasajeros cada año. La ampliación incluye llegar a dos zonas muy importantes para Madrid y el resto de España: el Recinto Ferial Juan Carlos I y el Aeropuerto Internacional de Barajas, mediante la ampliación de la nueva Línea 8.

A través de la estación de Mar de Cristal se une el Aeropuerto con el centro de la ciudad gracias al Metro. Este proyecto se concluyó en abril de 1999. Se calcula que el Metro transportará a 42.000 viajeros diarios entre el centro urbano y el Aeropuerto de Barajas.

Agua y distintos niveles en las entrañas de Madrid

Excavar los túneles del Metro resulta complicado por las variadas características geológicas del suelo madrileño y los numerosos desniveles y cursos de agua subterráneas que hay en él. Las más importantes empresas de ingeniería y construcción, especialistas en túneles de nuestro país, han participado en este proyecto, para conseguir construir, en la mitad de tiempo y con un presupuesto cinco veces menor, más del doble de las ampliaciones similares realizadas en Lisboa, Atenas o Londres.

Para excavar los túneles se han utilizado 6 máquinas tuneladoras EPB: cuatro de 9,38 m de diámetro, bautizadas como "La Adelantada" (Mitsubishi-NFM), "La Chata" (Mitsubishi-NFM), "Almudena" (Herrenknecht) y "Paloma" (Herrenknecht); una de 7,4 m de diámetro, denominada "Cibeles" (Lovat); y la más pequeña de 6,7 m de diámetro, bautizada con el nombre de "Puerta del Sol" (Herrenknecht). Además, para construir algunos tramos se ha empleado el método tradicional de Madrid y otros sistemas constructivos como muros pantalla. Todos los túneles tienen doble vía, excepto la Línea 8, en cuya construcción se han usado 2 máquinas EPB más pequeñas y que, por ello, el diámetro del túnel es menor.

El principal empeño del proyecto ha sido garantizar la seguridad y la calidad. El coste y los plazos han sido menos prioritarios. El plan de expansión ha sido supervisado por unos 6.000 sensores geodésicos, que enviaban constatemente datos sobre los movimientos del terreno a la oficina central.



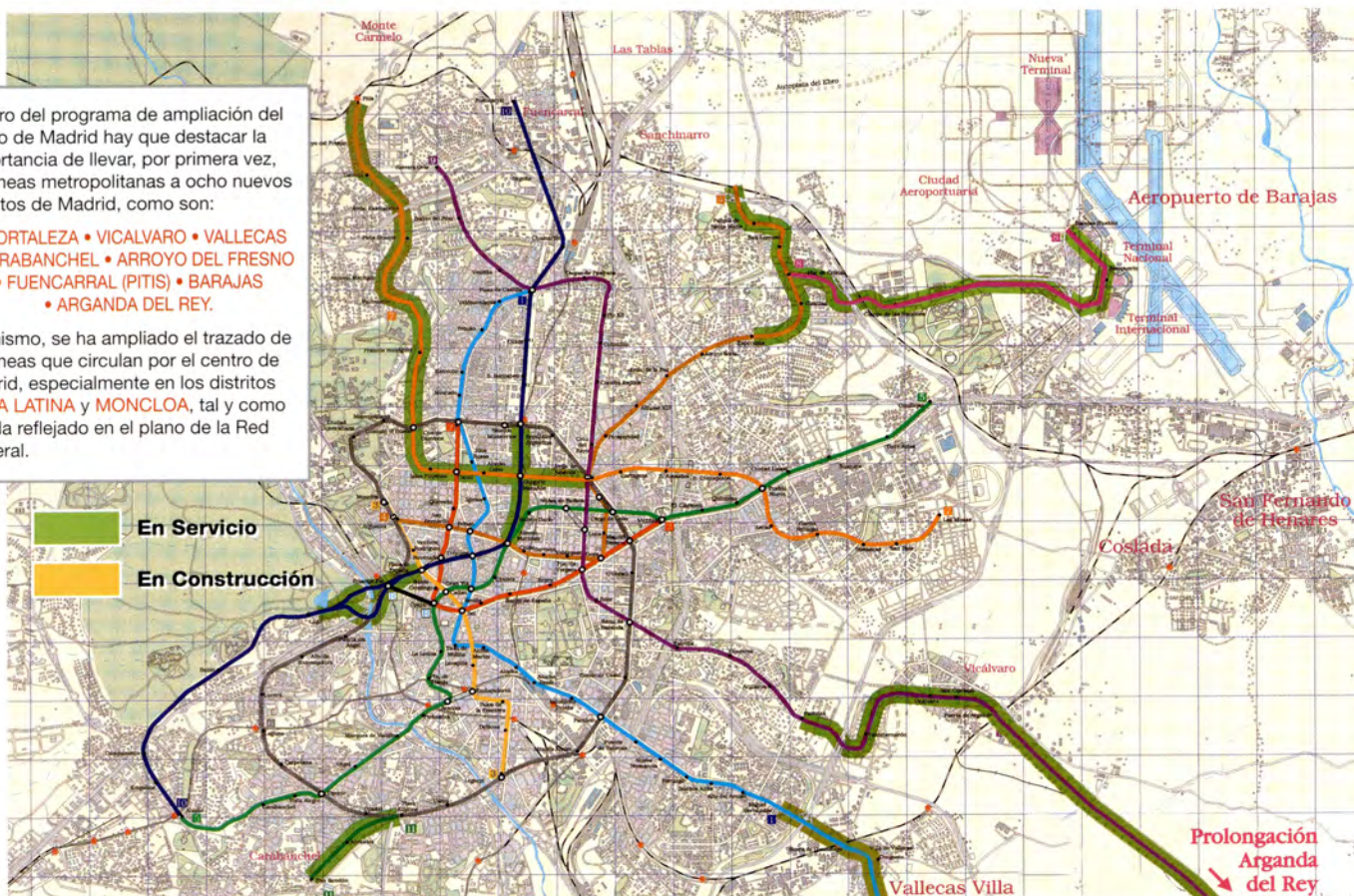
Ampliación del Metro de Madrid

1995-1999

Dentro del programa de ampliación del Metro de Madrid hay que destacar la importancia de llevar, por primera vez, las líneas metropolitanas a ocho nuevos distritos de Madrid, como son:

- HORTALEZA • VICALVARO • VALLECAS
- CARABANCHEL • ARROYO DEL FRESNO
- FUENCARRAL (PITIS) • BARAJAS
- ARGANDA DEL REY.

Asimismo, se ha ampliado el trazado de las líneas que circulan por el centro de Madrid, especialmente en los distritos de LA LATINA y MONCLOA, tal y como queda reflejado en el plano de la Red General.



En Servicio
En Construcción

Tramo: Lago Plaza de España



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	2,60 km
Número de Estaciones:	0 ud.
Volumen de hormigón:	104.308 m³
Volumen de excavación:	291.353 m³
Acero:	2.359.274 kg
Pantallas:	10.821 m²
Longitud de carril:	5,20 km
Constructores:	Necso • Dragados
Ingeniería:	Euroestudios • Typsa

Supervisión de obra:	Incoydesa • Ingeotec • Eptisa
Control de calidad:	Icaes • Tecnos • Ciat
Presupuesto:	5.904 M. ptas.
Inicio de las obras:	20 - Abr. - 1995
Fecha de inauguración:	26 - Dic. - 1996

Contratista:



Línea 10

Tramo: Conexión entre la Líneas 8 y 10



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	1,62 km
Número de estaciones:	1 ud.
Volumen de hormigón:	84.115 m³
Volumen de excavación:	198.685 m³
Acero:	3.575.775 kg
Pantallas:	30.360 m²
Longitud de carril:	3,24 km
Constructores:	FCC
Ingeniería:	Iberinsa

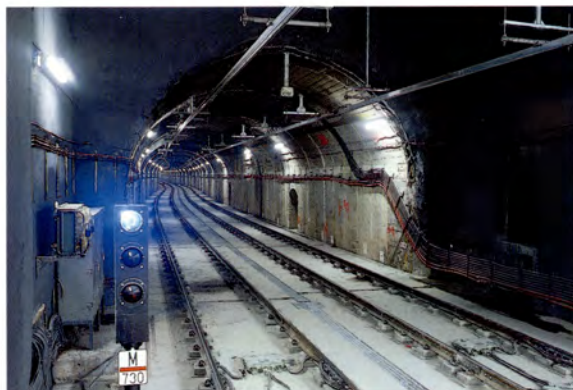
Supervisión de obra:	Iberinsa • Geoconsult
Control de calidad:	Euroconsult
Presupuesto:	5.580 M. ptas.
Inicio de las obras:	29 - Abr. - 1996
Fecha de inauguración:	22 - Ene. - 1998

Contratista:



Líneas 8 y 10

**Tramo: Avenida de América
Gregorio Marañón**



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	1,25 km
Número de estaciones:	1 ud.
Volumen de hormigón:	106.000 m³
Volumen de excavación:	65.000 m³
Acero:	3.720.000 kg
Pantallas:	8.700 m²
Longitud de carril:	2,50 km
Constructores:	Necso • Ferrovial
Ingeniería:	Iberinsa

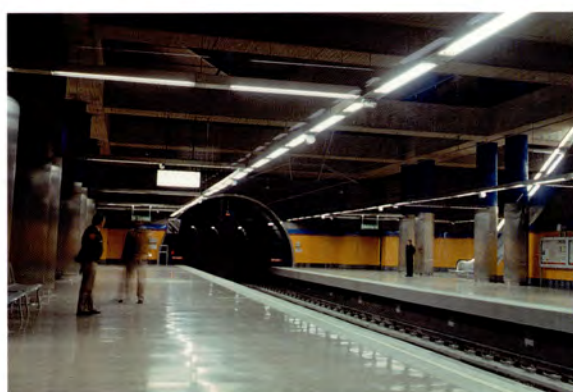
Supervisión de obra:	Geoconsult
Control de calidad:	Geoteyco • Sergeyco
Presupuesto:	2.656 M. ptas.
Inicio de las obras:	10 - Jun. - 1996
Fecha de inauguración:	13 - Mar. - 1998

Contratista:



ferrovial

**Tramo: Esperanza
Mar de Cristal**



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	2,04 km
Número de estaciones:	2 ud.
Volumen de hormigón:	48.731 m³
Volumen de excavación:	110.673 m³
Acero:	4.010.986 kg
Pantallas:	18.610 m²
Longitud de carril:	4,08 km
Constructores:	Dragados
Ingeniería:	Sener

Supervisión de obra:	Typsa
Control de calidad:	Intemac
Presupuesto:	4.989 M. ptas.
Inicio de las obras:	15 - Mar. - 1996
Fecha de inauguración:	27 - Abr. - 1998

Contratista:



**Tramo: Mar de Cristal
Campo de las Naciones**



TRAMO COFINANCIADO AL 85%
CON FONDOS DE COHESIÓN
DE LA UNIÓN EUROPEA

Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	2,63 km
Número de estaciones:	2 ud.
Volumen de hormigón:	71.700 m³
Volumen de excavación:	168.165 m³
Acero:	7.221.000 kg
Pantallas:	31.834 m²
Longitud de carril:	5,26 km

Constructores:	Dragados • Necso • ACS
Ingeniería:	Sener
Supervisión de obra:	Ineco
Control de calidad:	Intemac
Presupuesto:	8.997 M. ptas.
Inicio de las obras:	15 - Feb. - 1997
Fecha de inauguración:	24 - Jun. - 1998

Contratista:



**Tramo: Gregorio Marañón
Canal**



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	1,02 km
Número de estaciones:	3 ud.
Volumen de hormigón:	78.000 m³
Volumen de excavación:	162.000 m³
Acero:	4.850.000 kg
Pantallas:	19.300 m²
Longitud de carril:	2,04 km
Constructores:	Necso • Ferrovial
Ingeniería:	Proser

Supervisión de obra:	Proser
Control de calidad:	Sergeyco • Geoteyco
Presupuesto:	6.300 M. ptas.
Inicio de las obras:	12 - Nov. - 1996
Fecha de inauguración:	16 - Oct. - 1998

Contratista:



ferrovial

**Tramo: Pan Bendito
Plaza Elíptica**



Línea 11

Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	2,60 km
Número de estaciones:	3 ud.
Volumen de hormigón:	98.632 m ³
Volumen de excavación:	252.552 m ³
Acero:	8.055.992 kg
Pantallas:	77.325 m ²
Longitud de carril:	5,20 km
Constructores:	Dragados
Ingeniería:	Iberinsa

Supervisión de obra:	Aepo
Control de calidad:	Icaes
Presupuesto:	6.720 M. ptas.
Inicio de las obras:	15 - Feb. - 1997
Fecha de inauguración:	16 - Nov. - 1998

Contratista:



**Tramo: Pavones
Puerta de Arganda**



Línea 9

Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	4,60 km
Número de estaciones:	4 ud.
Volumen de hormigón:	135.800 m ³
Volumen de excavación:	237.400 m ³
Acero:	9.405.000 kg
Pantallas:	59.200 m ²
Longitud de carril:	9,20 km
Constructores:	Necso • ACS
Ingeniería:	Intecsa

Supervisión de obra:	Inocsa
Control de calidad:	Eptisa
Presupuesto:	13.156 M. ptas.
Inicio de las obras:	13 - Jul. - 1996
Fecha de inauguración:	1 - Dic. - 1998

Contratista:



**Tramo: Mar de Cristal
Parque de Santa María**



Línea 4

Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	2,31 km
Número de estaciones:	2 ud.
Volumen de hormigón:	81.811 m ³
Volumen de excavación:	1.139.932 m ³
Acero:	2.535.898 kg
Pantallas:	16.017 m ²
Longitud de carril:	4,62 km
Constructores:	Dragados
Ingeniería:	Sener

Supervisión de obra:	Intraesa • Ofiteco
Control de calidad:	Cotas
Presupuesto:	5.181 M. ptas.
Inicio de las obras:	24 - Feb. - 1997
Fecha de inauguración:	15 - Dic. - 1998

Contratista:



**Tramo: Canal
Valdezarza**



Línea 7

Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	4,65 km
Número de estaciones:	4 ud.
Volumen de hormigón:	202.000 m ³
Volumen de excavación:	460.000 m ³
Acero:	14.480.000 kg
Pantallas:	36.200 m ²
Longitud de carril:	9,10 km
Constructores:	Necso • Ferrovial
Ingeniería:	Proser • Typsa

Supervisión de obra:	Proser • Prointec
Control de calidad:	Sergeyco • Geoteyco Euroestudios
Presupuesto:	20.091 M. ptas.
Inicio de las obras:	12 - Nov. - 1996
Fecha de inauguración:	12 - Feb. - 1999

Contratista:



Tramo: Miguel Hernández Congosto



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	2,67 km
Número de estaciones:	4 ud.
Volumen de hormigón:	116.408 m³
Volumen de excavación:	406.510 m³
Acero:	7.248.097 kg
Pantallas:	36.899 m²
Longitud de carril:	5,34 km
Constructores:	ACS • Agroman
Ingeniería:	Euroestudios

Supervisión de obra:	Incoydesa • Ingeotec
Control de calidad:	Geocisa
Presupuesto:	8.930 M. ptas.
Inicio de las obras:	15 - Feb. - 1997
Fecha de inauguración:	3 - Mar. - 1999

Contratista:



Tramo: Valdezarza Pitis



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	4,21 km
Número de Estaciones:	6 ud.
Volumen de hormigón:	215.149 m³
Volumen de excavación:	1.078.701 m³
Acero:	13.279.040 kg.
Pantallas:	67.664 m²
Longitud de carril:	8,42 km
Constructores:	FCC
Ingeniería:	Intecsa

Supervisión de obra:	Eptisa
Control de calidad:	Tecnos
Presupuesto:	14.895 M. ptas.
Inicio de las obras:	15 - Nov. - 1996
Fecha de inauguración:	Mar. - 1999

Contratista:



Tramo: Campo de las Naciones Aeropuerto



TRAMO COFINANCIADO AL 85%
CON FONDOS DE COHESIÓN
DE LA UNIÓN EUROPEA

Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	5,60 km
Número de estaciones:	2 ud.
Volumen de hormigón:	70.449 m³
Volumen de excavación:	512.316 m³
Acero:	4.892.371 kg
Pantallas:	30.282 m²
Longitud de carril:	11,20 km
Constructores:	FCC • Dragados
Ingeniería:	Prointec

Supervisión de obra:	Typsa • Prointec
Control de calidad:	Eptisa • Elsamex • Ciesm
Presupuesto:	15.286 M. ptas.
Inicio de las obras:	15 - Abr. - 1998
Fecha de inauguración:	Verano - 1999

Contratista:



Prolongación: Puerta de Arganda Arganda del Rey



Datos Técnicos

Longitud total del tramo:	18,3 km
Número de estaciones:	4 ud.
Volumen de hormigón:	122.000 m³
Movimiento de tierras:	2.821.000 m³
Acero:	6.350.000 kg
Pantallas:	22.000 m²
Longitud de carril:	36,6 km

Constructores:	Necso • FCC • ACS
Ingeniería:	Aepo • Proser
Supervisión de obra:	Typsa • Tecnos
Control de calidad:	Tecnos
Presupuesto:	15.446 M. ptas.
Inicio de las obras:	Sep. - 1997
Fecha de inauguración:	Abr. - 1999

Contratista:



En la actualidad, completada la operación incluidos los 5,6 km de túnel de la prolongación de la Línea 8 hasta el Aeropuerto, que comenzó en abril de 1998, los altos niveles de seguridad se han mantenido y se han tomado extremas medidas técnicas, cuando cualquier movimiento subterráneo podría exceder de los parámetros de seguridad previstos.

Treinta y siete estaciones nuevas

El plan de expansión del Metro no se ha limitado a trazar nuevas líneas. El diseño de las nuevas estaciones ha pretendido que el pasajero llegue al tren desde la calle por el camino más corto posible, evitando largos túneles y escaleras mecánicas. También se ha tenido muy en cuenta la iluminación y la visibilidad en los pasillos, y se han ubicado en ellas ascensores y escaleras mecánicas para pasajeros con movilidad reducida. Algunas de estas estaciones, incluso cuentan con aparcamientos para automóviles, y en todas ellas hay sofisticados sistemas, mediante monitores, para garantizar la seguridad de las personas y de los vehículos aparcados.

Los trenes

El plan de expansión del Metro comprende también una amplia mejora del parque de vehículos. Se han adquirido 226 nuevos coches, todos ellos equipados con aire acondicionado para que el viaje resulte seguro y confortable.

Las líneas inauguradas

Los usuarios del Metro ya han tenido la oportunidad de familiarizarse con los nuevos trenes y estaciones. Se han inaugurado 11 tramos del plan, que incluyen 28 km de vía y 26 estaciones. El primero de ellos, abierto el 26 de diciembre de 1996, fue el tramo Lago-Plaza de España a través de la estación de Príncipe Pío, que enlaza con el trazado ferroviario español. Esta línea fue construida bajo el río Manzanares con la máquina tuneladora Lovat EPB y el método tradicional del Metro madrileño.

El 22 de enero de 1998 se inauguró la estación de Gregorio Marañón y parte de la nueva Línea 10. Esta línea (Fuencarral-Aluche) une el norte y el sureste de Madrid, reduce considerablemente el tiempo y cuenta con diversas correspondencias con otras líneas.

El 13 de marzo de 1998 se inauguró la primera parte de la Línea 7, entre Avenidad de América y Gregorio Marañón, que conecta con la nueva Línea 10, recientemente finalizada. El 27 de abril de 1998 se inauguró la ampliación de la Línea 4, entre las estaciones de Esperanza y Mar de Cristal. En la estación de Mar de Cristal empieza la nueva Línea 8, hasta el Recinto Ferial Juan Carlos I, inaugurada el 24 de junio de 1998.

El 16 de octubre de 1998 se inauguró una nueva extensión de la Línea 7, entre las estaciones de Gregorio Marañón y Canal, que incluye una nueva estación de la Línea 2 para incrementar las conexiones entre líneas. Un mes después, el 16 de noviembre de 1998, se inauguró la nueva Línea 11, entre las estaciones de Plaza Elíptica y Pan Bendito.

El 1 de diciembre de 1998 se inauguró un nuevo tramo de la Línea 9, entre Pavones y Puerta de Arganda, con 4 nuevas estaciones.

El 15 de diciembre de 1998 se inauguró el último tramo de la Línea 4, entre las estaciones de Mar de Cristal y Parque de Santa María, y el 12 de febrero de 1999 se inauguró un nuevo tramo de la Línea 7, entre las estaciones de Canal y Valdezarza. El 3 de marzo de 1999 se inauguró una nueva extensión de la Línea 1, con la estación de Villa de Vallecas.

Ultimas inauguraciones

A finales del mes de marzo de 1999 se inauguró el último tramo de la Línea 7, entre Valdezarza y Pitis. En las mismas fechas, y por primera vez, llegó el Metro a ciudades próximas a Madrid, como Arganda del Rey, a 25 km del centro de Madrid. De esta nueva línea se benefician también las poblaciones de Rivas-Vaciamadrid y La Poveda, localidades con una importante densidad de habitantes.

Costes y plazos

La construcción de 38 km de Metro, con 37 estaciones nuevas, tendrán un coste del orden de 200.000 millones de ptas, como ya se ha citado anteriormente, lo que implica que cada kilómetro ha costado, aproximadamente, 5.500 millones de ptas.

Se han adquirido 226 coches nuevos, con un coste superior a los 37.000 millones de pesetas. El coste total de la ampliación del Metro madrileño es de unos 6.500 millones de ptas. por km de línea construida. (En esta estimación no se incluye el costo de la prolongación de la Línea 9 a Arganda del Rey).

El proyecto de la Línea 10 se inició en agosto de 1995.

Los proyectos de las líneas 4, 8 y 10 comenzaron entre septiembre y noviembre de 1995. El proyecto de la ampliación de la Línea 7 empezó en enero de 1996, y el de la ampliación de las líneas 1 y 8, hasta el Recinto Ferial, en mayo de 1996. La ampliación de esta última hasta el Aeropuerto se proyectó en julio de 1997.

En marzo de 1999 estaban en funcionamiento todas las líneas, con sus túneles y estaciones, salvo la conexión con el Aeropuerto, que se inauguró durante el verano de 1999.

Madrid, Septiembre de 1999.



Esquema general de la Red

Julio 1999.



Magnitud de la ampliación de 1995-1999

- 38 nuevos km en 2 túneles y 37 estaciones y 4 intercambiadores en 48 meses.
- Longitud de la Red tras la ampliación: 176 km.
- Nueva línea a Arganda del Rey, con 18 km y 4 estaciones.

	ANTES	AMPLIACION	TOTAL
Escaleras mecánicas	713	229	942
Cintas transportadoras	7	8	15
Ascensores	24	122	146
Longitud de la Red (km)	120	56,3	176
Estaciones	164	37	202

Métodos de Construcción

PRIORIDAD:

- Máxima seguridad en todas las obras
- Prohibición de métodos de sección completa (NATM,...)
- Secciones a excavar no superiores a 5 m²

MÉTODO	ELEMENTO	LONGITUD
MAQUINA TUNELADORA (escudo de equilibrio de presión de tierras)	TUNEL	23.700 m (64%)
MUROS PANTALLA (excavar y cubrir)	TUNEL Y ESTACIONES	7.900 m (21%)
METODO TRADICIONAL DE MADRID (por fases de excavación)	TUNEL Y UNA ESTACION (Guzmán el Bueno)	5.700m (15%)

Sistemas de Control y Seguridad

- 1.- Detección de movimientos del terreno (subsidiencias).
- 5.400 sensores instalados.
- 2.- Detección de movimientos de estructuras.
- 317 edificios monitorizados en la proximidad de los túneles.
- 3.- Detección de cargas del terreno en los túneles.
- 52 secciones de túnel instrumentadas.
- 4.- Comportamiento de los muros pantalla.
- 65 secciones de pantallas instrumentadas.
- 5.- Características del terreno perforado.
- Total de sondeos: 410
- Metros totales perforados: 12.000
- Muestras del terreno tomadas: 43.750
- 6.- Control y seguimiento de las 6 EPB, TBM.
- 384 variables registradas por minuto.

8.225 puntos de control, monitorizados, en la ciudad de Madrid.

Otras ampliaciones de Metro (Cuadro comparativo)

	Duración**	Longitud	Estaciones	Coste***	Coste/km
LONDRES	9 años 1991-99	16,0	11	6.000 m \$	375 m \$
ATENAS	12 años 1987-99	18,0	21	2.800 m \$	156 m \$
PARIS*	8 años	7,0	7	1.090 m \$	155 m \$
LISBOA	8 años	12,1	20	1.430 m \$	118 m \$
MADRID	4 años	56	37	1.706 m \$	30,3 m \$

*Meteor. ** Ingeniería y Construcción. *** Incluye material móvil.

Razones del "éxito" de la Ampliación del Metro de Madrid

- 1.- Decisiones en 24 horas.
- 2.- Gestión realizada directamente por la Dirección General de Infraestructuras del Transporte de la Comunidad de Madrid.
- 3.- Selección adecuada de los métodos de construcción.
- 4.- Solución anticipada de los problemas.
- 5.- Anteponer la seguridad a coste y a plazo.
- 6.- Máquinas tuneladoras muy potentes.



Comunidad de Madrid
CONSEJERIA DE OBRAS PUBLICAS,
URBANISMO Y TRANSPORTES