

# LAS INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE DE MADRID 1999-2003

*MADRID TRANSPORT INFRASTRUCTURE 1999-2003*

MANUEL MELIS MAYNAR. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Catedrático Ingeniería del Terreno, Consejero Delegado de MINTRA, Presidente del Metro de Madrid, Director General de Infraestructuras del Transporte [admon@mintra.c.telefonica.net](mailto:admon@mintra.c.telefonica.net)

**RESUMEN:** La necesidad de conectar la periferia de las grandes ciudades con el centro de las mismas, así como ampliar el servicio público entre los municipios que conforman esa periferia es lo que decidió al Gobierno de la Comunidad de Madrid a afrontar esta importante inversión, bajo el nombre de Metrosur, que redonda en un reequilibrio de su territorio.

El artículo señala los puntos más destacados del proyecto así como la descripción general de las obras llevadas a cabo en un plazo récord.

**PALABRAS CLAVE:** MADRID, METROSUR, METRO

**ABSTRACT:** Madrid Regional Council has heavily invested in the METROSUR transport system in response to the need for good connections between the outlying areas of Madrid and the city centre and a better inter-suburban public transport service. The METROSUR meets these aims and serves to redress the balance of communications within the Community.

The article underlines the most important aspects of the project and provides a general description of the works which have been carried out in record time.

**KEYWORDS:** MADRID, METROSUR, UNDERGROUND

En números anteriores de la Revista de Obras Públicas se han descrito con bastante extensión las actuaciones en infraestructuras del transporte ferroviario realizadas por la Comunidad de Madrid en el período 1995-1999. En concreto las relativas a la ampliación de Metro de Madrid en 56 km y 38 estaciones en menos de 40 meses, lo que fue puesto por el World Bank en noviembre de 1999 como ejemplo a seguir por el resto de Metros del mundo.

En el número 3405 de Diciembre de 2000 de la ROP se describía parte de las nuevas infraestructuras ferroviarias que la Comunidad de Madrid planeó, proyectó y construyó en la legislatura siguiente, 1999-2003. En ese momento, comenzadas las obras en junio, se había ya terminado la estructura de las más de 30 estaciones de Metrosur, y los túne-

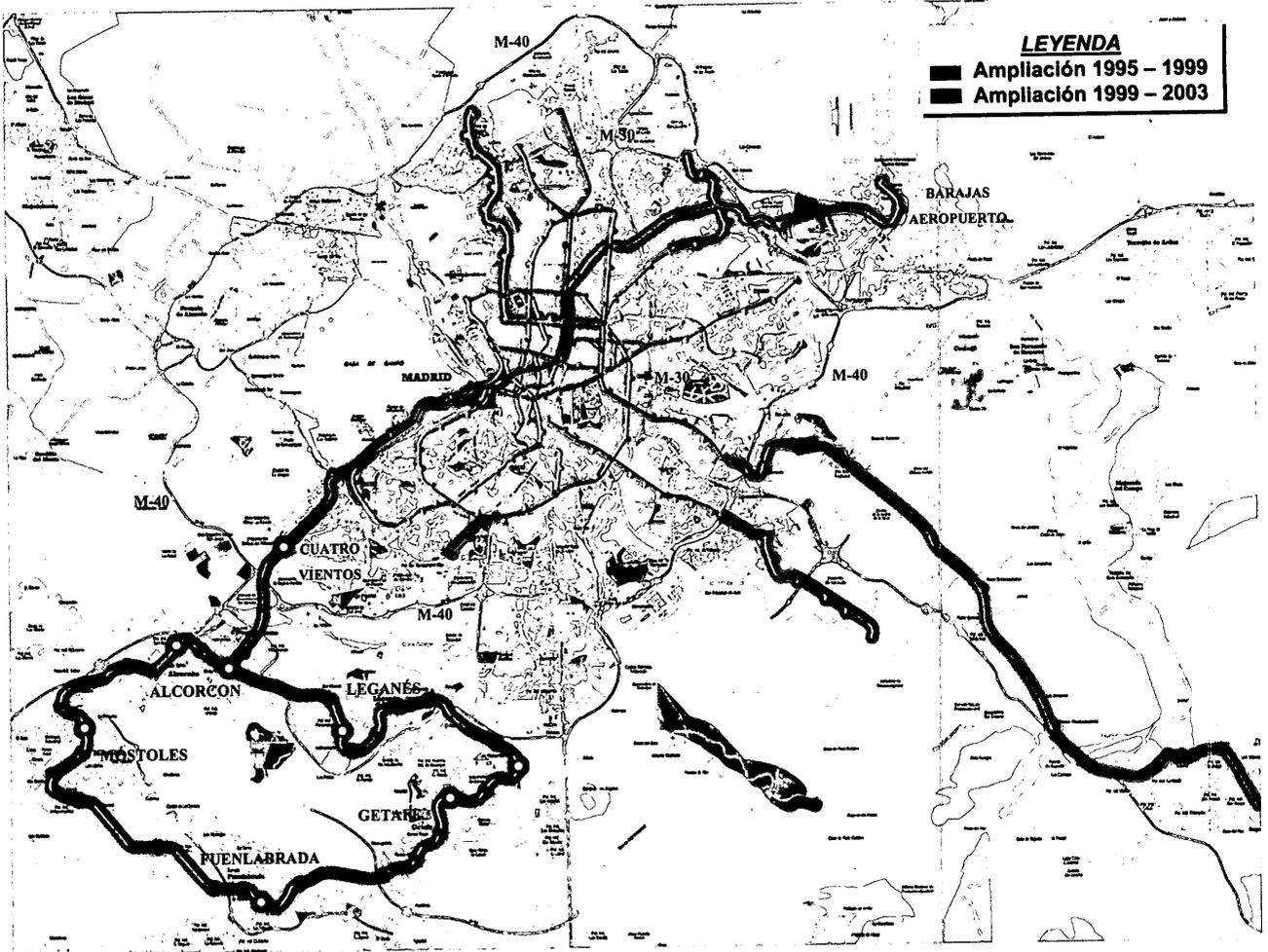
les estaban a plena producción. En el presente número se describen con algún detalle adicional las obras finalizadas y puestas en servicio en este período.

Las obras de infraestructura ferroviaria puestas en servicio en el período 1999-2003 se indican en la Figura 1 y son las reflejadas en el cuadro 1.

## **OBRAS CONSTRUÍDAS**

El soterramiento de la línea de Cercanías C-4 de RENFE en Getafe es una importantísima actuación conseguida por la ciudad de Getafe gracias a la ilusión puesta en ella por el Gobierno de la Comunidad de Madrid y su Consejería de

Figura 1.



Obras Públicas, y al empuje, entusiasmo y constancia de su Alcalde D. Pedro Castro. Como tantas otras en España (en Madrid, por ejemplo, las de Alcorcón, Móstoles, Leganés y Fuenlabrada), la ciudad estaba dividida en dos por la citada línea férrea, y hoy ha quedado unida y sin la herida del ferrocarril. Las obras duraron 23 meses en una actuación de más de 3 km de longitud. Bajo la estación central se construyó la correspondiente de Metrosur.

Una actuación similar, aunque de menor alcance, ha sido la cubrición en más de 1.5 km de la Línea 9 del Metro en la ciudad de Rivas, construida en escasos 15 meses.

La nueva línea férrea de Cercanías RENFE entre las ciudades de Pinto y San Martín de la Vega, con acceso directo al nuevo Parque Temático Warner-Madrid, de 15.5 km de longitud y dos estaciones, se ha puesto en servicio en 15 meses.

La nueva Línea 8 de Metro entre el nuevo y extraordinario intercambiador de Nuevos Ministerios y la estación de Mar de Cristal ha permitido el acceso directo desde el corazón financiero de Madrid al Aeropuerto de Barajas en 12 minutos, con posibilidad incluso de facturación en

Nuevos Ministerios. En este macrointercambiador se conecta con todas las líneas de Cercanías de RENFE y con las Líneas 6 y 10 de Metro. La infraestructura, de 6 km de longitud en túnel de gran diámetro y otra estación además del gran intercambiador, se ha puesto en servicio en 25 meses.

La prolongación de la Línea 10 de Metro hasta el anillo de Metrosur y la ampliación de gálibo de parte de los tramos antiguos (entre Plaza de España y Alonso Martínez) se ha descrito con detalle en otros artículos de la ROP. Esta obra, de 8.2 km de longitud y 5 nuevas estaciones, se ha puesto en servicio en 28 meses.

#### METROSUR

Se resume a continuación una de las descripciones más completas del Proyecto, elaborada por el Consorcio Regional del Transporte bajo la dirección de los Ings. de Caminos de D. José I. Iturbe como Director Gerente y D. Jesús Rodríguez Molina y D. Carlos Cristóbal como unos de los más

**CUADRO 1. INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS DE METRO DE MADRID 1999-2003**

LÍNEA Y TRAMO	KM TOTAL	ESTACIONES	INTERCAMBIADORES CON RENFE
SOTERRAMIENTO RENFE GETAFE	3.10	1	1
SOTERRAMIENTO LINEA 9 RIVAS	1.51	0	0
LINEA 8 N.MINISTERIOS - MAR DE CRISTAL	5.90	2	1
AMPLIACIÓN GÁLIBO LINEA 10	1.93	2	0
PROLONGACIÓN LINEA 10 1. COLONIA JARDÍN - CUATRO VIENTOS	3.00	2	1
PROLONGACIÓN LINEA 10 2. CUATRO VIENTOS - ALCORCÓN	3.29	1	0
METROSUR CONTRATO 1.- ALCORCÓN	9.65	5	1
METROSUR CONTRATO 2.- MÓSTOLES	5.99	5	1
METROSUR CONTRATO 2.- TRAMO 3B-I	1.32	0	0
METROSUR CONTRATO 3.- TOTAL	2.69	1	0
METROSUR CONTRATO 4.- FUENLABRADA	6.51	4	1
METROSUR CONTRATO 5.- GETAFE	7.35	8	1
METROSUR CONTRATO 6.- LEGANÉS	6.99	6	1
<b>SUBTOTAL METROSUR</b>	<b>40.51</b>	<b>29</b>	<b>5</b>
COCHERAS LORANCA COCHERAS CUATRO VIENTOS COCHERAS EL BERCIAL			
TREN CERCANÍAS A SAN MARTÍN DE LA VEGA	15.50	2	
<b>TOTAL 1999-2003</b>	<b>74.74</b>	<b>39</b>	<b>8</b>

prestigiosos expertos en transporte de Europa. Metrosur es la enorme infraestructura que une las cinco ciudades más importantes del sur de Madrid, con una población próxima al millón de habitantes (Figura 2).

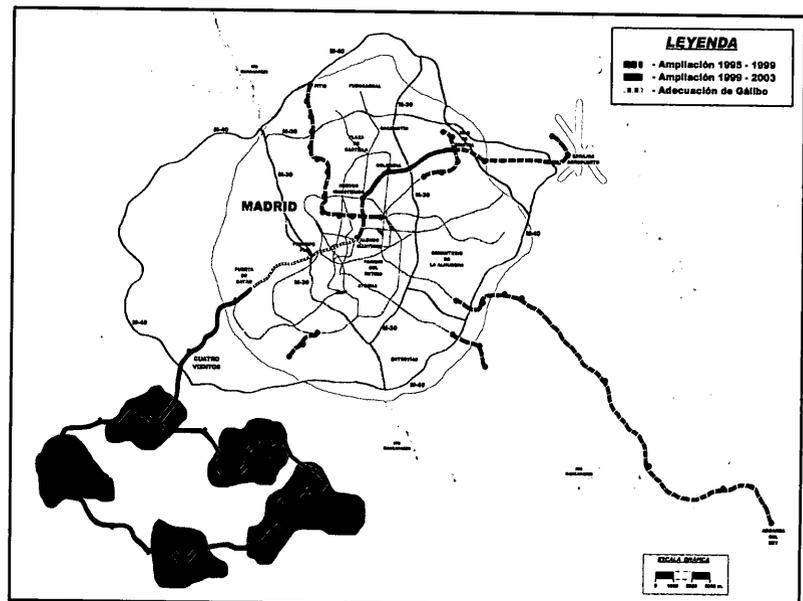
Rey Juan Carlos. En Getafe está el Campus de la Universidad Carlos III, el Campus de la Carlos III en Leganés y el Campus de la Rey Juan Carlos en Móstoles, con la Facultad de Cien-

Alcorcón	162.000 hab
Fuenlabrada	187.198 hab
Getafe	156.474 hab
Leganés	179.211 hab
Móstoles	197.062 hab

(Datos obtenidos el 1 de enero de 2002)

La población de estos municipios supone un 18.2% del total de la Comunidad de Madrid, con una población activa de 413.019 personas. Estos municipios se están dotando de sus equipamientos básicos, como centros culturales y deportivos, centros educativos y universidades, centros sanitarios y hospitales, centros comerciales y de ocio, etc. En Alcorcón se ha creado el conjunto comercial e industrial del Parque Oeste, en el aspecto sanitario el nuevo Hospital de Alcorcón, y en el de las dotaciones de educación, el Campus de la Universidad Rey Juan Carlos, con la Facultad de Ciencias de la Información. En Fuenlabrada hay numerosos polígonos industriales, y la Facultad de Ciencias de la Comunicación de la Universidad

Figura 2.



cias Puras e Informática. Todo esto ha supuesto un gran aumento de las necesidades de comunicación.

Hasta la fecha, las comunicaciones con la Región Sur metropolitana se venían realizando por carretera o a través de línea férrea. En el presente la comunicación por carretera entre los distintos municipios que constituyen la Zona Sur de Madrid queda resuelta mediante las siguientes carreteras: la M-406, Getafe-Leganés-Alcorcón; y la M-506, Móstoles-Fuenlabrada. Las carreteras que conectan con la capital de forma radial son la N-V, la N-401 y la N-IV, con las que de forma transversal se unen las anteriores. También se encuentran los cinturones metropolitanos M-40, M-45 y M-50. El transporte público por carretera se soluciona mediante autobuses que vinculan la capital con su periferia. La Glorieta de San Vicente constituye un ejemplo de punto de llegada donde se puede realizar la conexión con la Red de Metro. Por vía férrea los municipios están comunicados mediante la Red de Cercanías de RENFE, con las líneas C-3, C-4 y C-5. Estas líneas comunican los municipios con las estaciones de Atocha, Aluche, Embajadores, Laguna y Méndez Álvaro, donde hasta ahora los viajeros procedentes de región sur metropolitana podían enlazar con la red de Metro o con las otras líneas de la Red de Cercanías de RENFE.

Para mejorar las condiciones de movilidad de esta zona, la Comunidad de Madrid se planteó, por tanto, como consecuencia de los numerosos estudios realizados, la creación de una nueva infraestructura que mejore de forma apreciable la oferta de transporte público en la Corona Sur Metropolitana, tanto para las relaciones internas o transversales como para los desplazamientos radiales con Madrid capital. En ese momento, 1998, los responsables de la Comunidad de Madrid deciden construir una línea de Metro, denominada Metrosur, que potencia simultáneamente las relaciones transversales entre los municipios del Sur de Madrid, la interconexión con la red ferroviaria de Cercanías, básica en la canalización de la movilidad radial hacia Madrid capital y la conexión con la red de Metro actualmente existente, a través de la prolongación de la línea 10 hasta Alcorcón. Metrosur se plantea como una nueva línea de metro circular, que vertebrará los núcleos urbanos de la primera y segunda coronas metropolitanas de Madrid y una conexión con la red actual de Metro, a través de la línea 10. El trazado discurre por el interior de las zonas urbanas en las que se establecen numerosas paradas, lo que además de facilitar la comunicación entre los distintos núcleos de población, posibilitará la funcionalidad del sistema como "metro interior" a cada municipio.

En todos los casos, la nueva línea discurre bajo las actuales estaciones de Cercanías, creando puntos de intercambio en cada municipio entre la línea de Metro y la red de Cercanías. Esta circunstancia posibilita, además, una

adecuada incorporación al sistema de los municipios de Parla y Pinto.

## GESTIÓN

Metrosur surge así como una apuesta del Gobierno de la Comunidad de Madrid para apoyar y consolidar el desarrollo del sur metropolitano. No pretende sustituir a la Red de Cercanías existente sino complementarla, de tal forma que ambas redes permitan una mejor comunicación de toda esta región. El proyecto de Metrosur, promovido por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Comunidad de Madrid a través del Ente Público MINTRA, surge para dotar de un servicio público de transporte de calidad a toda esta región y de esta manera cubrir las necesidades de comunicación derivadas del desarrollo de esta zona, logrando un reequilibrio territorial: *"El Gobierno regional, a través de actuaciones como ésta, ha pretendido conseguir un reequilibrio territorial que hiciera desaparecer el concepto de periferia y otorgara las mismas posibilidades de crecimiento a todas las áreas geográficas de la Comunidad"*, afirmaba Ruiz-Gallardón en uno de los actos de inauguración de la Línea 10 de Metro de Madrid. De esta manera, Metrosur nace con el objetivo de la potenciación de las relaciones transversales entre los municipios, así como su conexión con el núcleo urbano de Madrid, quedando englobado en la Red General de Metro de Madrid, al mismo tiempo que se configura como una línea de Metro regional.

Una vez tomada la decisión política de hacer realidad esta idea, la Dirección General de Infraestructuras de Transporte de la Comunidad, utilizando como base los estudios previos, analiza la propuesta del Consorcio y elabora en los primeros meses de 1999 un Proyecto Básico para someterlo al trámite de información oficial y pública exigido por la Ley de Ordenación del Transporte Terrestre. Los técnicos de la Comunidad y Metro de Madrid, que colaboran en este Proyecto Básico son los mismos que se han responsabilizado de las obras del Plan de Ampliación 1995-1999, que se van inaugurando durante esos meses (principios de 1999). Su experiencia directa en la construcción de obras similares, es fundamental para que en la elaboración del proyecto de Metrosur, se tomen las decisiones adecuadas que

El proyecto de Metrosur, promovido por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Comunidad de Madrid a través del Ente Público MINTRA, surge para dotar de un servicio público de transporte de calidad a toda esta región y de esta manera cubrir las necesidades de comunicación derivadas del desarrollo de esta zona, logrando un reequilibrio territorial

hagan viable una obra de esta envergadura, en el plazo y con los costes que se han conseguido.

Desde la idea y trazado inicial hasta el proyecto que se somete finalmente a información pública, Metrosur cambia sustancialmente, por una serie de decisiones estratégicas que se toman, que básicamente son las siguientes:

- 1. *Todo el trazado será subterráneo.* La Comunidad de Madrid, en esos momentos está ejecutando la obra del soterramiento de las vías del Ferrocarril en Getafe y muchos municipios reclaman ya obras similares, al haber quedado las líneas ferroviarias en mitad de los cascos urbanos. Previendo ya el futuro desarrollo de estos municipios, que tienen suelo calificado como urbanizable en gran parte del futuro trazado de Metrosur, se decide que toda la nueva línea sea subterránea, para evitar los problemas medioambientales, que a medio o largo plazo, surgirán inevitablemente. Esta decisión también condiciona la tramitación administrativa del proyecto, ya que según la legislación medioambiental, en vigor en ese momento en la Comunidad, al ser un ferrocarril metropolitano con todo el trazado subterráneo, no es preceptivo el trámite de Declaración de Impacto Ambiental.
- 2. *Todas las estaciones se ejecutarán a cielo abierto entre pantallas.* La ubicación de estaciones que se proponía en el estudio del Consorcio se había seleccionado desde el punto de vista de la atracción de viajeros, pero estas estaciones no podían construirse entre pantallas al no disponer de espacio suficiente para ello, por lo que hubieran debido ejecutarse en caverna, por debajo de las edificaciones, con la complejidad técnica y el peligro que eso supone. La ubicación estratégica para cada una de las estaciones debía conjugar, por un lado la máxima captación de viajeros, pero por otro, su posibilidad constructiva, y esos dos factores en algunas zonas parecían prácticamente incompatibles. En los puntos en los que en su radio de acción había más posibles viajeros, no existía un espacio disponible suficientemente amplio como para ubicar una estación y si existía, casi con toda seguridad, estaba ocupado por un aparcamiento subterráneo.
- 3. Se decidió también que Metrosur funcionara no solamente como una comunicación entre los municipios, sino como un sistema de transporte público de gran capacidad interno en cada uno de estos núcleos urbanos, *intentando en que los grandes Centros de atracción o generación de viajeros estuvieran cubiertos: Hospitales, Universidades, Centros Comerciales,*

**Se decidió que Metrosur funcionara no solamente como una comunicación entre los municipios, sino como un sistema de transporte público de gran capacidad interno en cada uno de estos núcleos urbanos, intentando en que los grandes Centros de atracción o generación de viajeros estuvieran cubiertos: Hospitales, Universidades, Centros Comerciales, etc.**

etc. Como consecuencia de esto, la nueva línea se alarga y se retuerce.

El trazado de Metrosur se divide en tramos homogéneos desde el punto de vista constructivo y se inicia el trabajo de redactar los proyectos y posteriormente de adjudicar y ejecutar las obras.

Los objetivos generales para todos los tramos son los siguientes:

- Ubicación de las nuevas estaciones con el objeto de captar el mayor número posible de viajeros. Estas nuevas estaciones tienen en cuenta también los futuros desarrollos urbanísticos, así como los centros principales de actividad que generan mayor número de viajes: Universidades, Hospitales, Estaciones de Ferrocarril, Aeropuerto, Centros de ocio, etc.
- Diseño funcional de las estaciones basado en la comodidad del viajero. Este diseño se basa en cambiar el concepto de estación como agregación de volúmenes con distintos usos dispersos en el subsuelo, pasando a concebirla como un solo volumen donde se integran todos los elementos. Las nuevas estaciones, por tanto, son poco profundas, con un grado de funcionalidad muy alto que acorta los recorridos de los usuarios entre la calle y el andén y con unos espacios generosos en los que es fácil orientarse y perder la sensación de que se está transitando por un medio hostil.
- Creación de nuevos accesos desde la calle, dotados de escaleras mecánicas y con un nuevo diseño acristalado, integrado en su entorno urbano.
  - Construcción de estaciones de intercambio con la red de Cercanías (Móstoles, Fuenlabrada, Getafe, Leganés, El Casar y Alcorcón) lo que supone en la práctica remodelar por completo las antiguas estaciones de RENFE en todos los municipios afectados, modernizando todas sus instalaciones y mejorando el servicio que se proporciona al viajero dotando de escaleras mecánicas y de ascensores a todos los cambios de nivel. Esta actuación tiene una gran repercusión de cara a usuario ya que estas estaciones son utilizadas por más de 300.000 viajeros al día. Estos intercambiadores se caracterizan por un cuidado diseño funcional de manera que los transbordos se simplifican y se realizan cómodamente, reduciendo las penalizaciones que, por los recorridos en espacio y tiempo, percibe el usuario cuando se ve obligado a cambiar de modo de transporte.
  - Mejora de la accesibilidad a la red de transporte público de las personas con movilidad reducida en las nuevas estaciones, aplicando la Ley de Promo-

ción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas de la Comunidad de Madrid, mediante la instalación de ascensores en todos los recorridos verticales: calle-control de accesos, control de accesos-andenes.

– Mejoras relativas a la ventilación de las estaciones, la iluminación, nuevo sistema de extinción de incendios mediante agua nebulizada, instalación de la infraestructura necesaria para la utilización de telefonía móvil en la red de Metro, etc.

– Elección de materiales para los revestimientos que consiguiendo una indudable calidad estética, permitan una fácil limpieza y conservación además de propiedades antivandálicas y una gran durabilidad.

– Nuevo material móvil dotado con la más alta tecnología y nivel de confort para el viajero, con sistemas de señalización y control automático de la operación, climatización, accesibilidad integral, televisión, diseño atractivo y luminoso, detección y extinción automática de incendios con sistemas fotoluminiscentes y con un servicio de alta frecuencia cuyo diseño permite aumentar el número de coches de cada tren en función del aumento de la demanda.

– Nuevos elementos de fijación de la vía mediante apoyos elásticos que minimizan los ruidos y vibraciones.

Excavar los túneles de Metro, de gran diámetro, en zonas urbanas densamente habitadas, con gran cantidad de servicios en subsuelo, en suelos blandos de variadas características geotécnicas, con cursos de agua subterránea, resulta una actividad de gran complejidad técnica.

Como ha repetido el autor en multitud de ocasiones, para conseguir el éxito en esta construcción de túneles, se consideró prioritario la elección de procesos constructivos que cumplieran los siguientes objetivos:

Excavar los túneles de Metro, de gran diámetro, en zonas urbanas densamente habitadas, con gran cantidad de servicios en subsuelo, en suelos blandos de variadas características geotécnicas, con cursos de agua subterránea, resulta una actividad de gran complejidad técnica

- Máxima seguridad de los operarios dentro del túnel
- Máxima seguridad de los edificios y otras estructuras urbanas situadas encima o en las proximidades de los túneles
- Prioridad de los criterios de seguridad y calidad frente a los factores de coste o plazo

La consecución de estos objetivos con los problemas inicialmente expuestos, llevó a los responsables de las obras a prohibir los métodos constructivos de frente abierto (nuevo

método austríaco, precorte mecánico y otros similares), utilizados en otras ocasiones y que "a priori" podían producir mayores rendimientos y a elegir, como método constructivo idóneo las máquinas tuneladoras de frente cerrado.

Para excavar los túneles, por tanto, se han utilizado 7 máquinas tuneladoras o escudos de presión de tierras EPB (earth pressure balance) de gran potencia: cinco de 9,38 m de diámetro, fabricadas expresamente para estas obras y bautizadas como "La Adelantada" (Mitsubishi-NFM), "La Chata" (Mitsubishi-NFM), "Almudena" (Herrenknecht), "Paloma" (Herrenknecht), "Mares del Sur" (Herrenknecht), y otra más pequeña procedente de trabajos anteriores, de 7,4 m de diámetro denominada "Cibeles" (Lovat). Además para construir algunos tramos se ha empleado el método tradicional de Madrid (excavación en mina) y en los tramos en los que ha sido posible, la excavación al abrigo de pantallas continuas de hormigón armado ("cut and cover").

Para cumplir el objetivo básico de seguridad en el entorno de la excavación, se desarrolló un sistema de control de los trabajos subterráneos que permitiera seguir en detalle y con la máxima precisión la influencia que tenía la excavación de los túneles sobre los edificios y otras estructuras de superficie. Este sistema debía ser capaz de ayudar a detectar los posibles problemas que pudiesen aparecer y estudiar las soluciones correspondientes con el tiempo suficiente para ponerlas en práctica. Para todos los tramos de la ampliación del Metro se ha elaborado un Plan de Instrumentación y Control, con el objetivo último de ayudar en la toma de decisiones a la dirección de obra, comparando las estimaciones realizadas en la etapa del proyecto y la evaluación del comportamiento real de la obra, adoptando, en su caso, las correcciones o modificaciones oportunas.

La aplicación de este sistema ha supuesto, en la práctica la instalación de 8.225 puntos de control monitorizados que permiten:

- Detección de movimientos del terreno (subsidiencias): 5.400 sensores instalados
- Detección de movimientos de estructuras: 317 edificios monitorizados en la proximidad de los túneles
- Detección de cargas del terreno en los túneles: 52 secciones de túnel instrumentadas
- Comportamiento de los muros pantalla: 65 secciones de pantalla instrumentadas
- Características del terreno perforado: 410 sondeos con 12.000 metros totales perforados y 43.750 muestras del terreno tomadas.
- Control y seguimiento de las tuneladoras: 384 variables registradas por minuto.

En los artículos siguientes se describen estas obras.

**CUADRO 2. INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS DE METRO DE MADRID 1999-2003**

LINEA Y TRAMO	COMIENZO PROYECTO	INICIO OBRAS	PUESTA EN SERVICIO
SOTERRAMIENTO GETAFE	23-oct-97	21-dic-98	21-nov-00
SOTERRAMIENTO LINEA 9 RIVAS		12-abr-00	21-sep-01
LINEA 8 N.MINISTERIOS - MAR DE CRISTAL	24-ago-98	20-abr-00	21-may-02
AMPLIACIÓN GÁLIBO LINEA 10 (*)	29-oct-97	04-abr-00	20-dic-00
PROLONGACIÓN LINEA 10 1. COLONIA JARDÍN - CUATRO VIENTOS	1-dic-99	23-jun-00	16-oct-02
PROLONGACIÓN LINEA 10 2. CUATRO VIENTOS - ALCORCÓN	1-dic-99	26-jun-00	15-ene-03
METROSUR CONTRATO 1.- ALCORCÓN	17-sep-99	23-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 2.- MÓSTOLES	10-sep-99	24-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 2.- TRAMO 3B-I	13-sep-99	24-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 3 TRAMO 4A	15-sep-99	26-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 3 TRAMO 4-III B	15-sep-99	26-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 3 TRAMO 4B	15-sep-99	26-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 4.- FUENLABRADA	15-sep-99	23-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 5.- GETAFE	15-sep-99	23-may-00	31-mar-03
METROSUR CONTRATO 6.- LEGANÉS	15-sep-99	25-may-00	31-mar-03
COCHERAS LORANCA	16-jun-00	16-nov-01	31-mar-03
COCHERAS CUATRO VIENTOS	1-dic-99	19-dic-00	15-feb-02
COCHERAS EL BERCIAL		19-dic-00	31-mar-03
TREN CERCANÍAS A SAN MARTÍN DE LA VEGA	2-jul-99	31-ene-01	04-abr-02

**PLAZOS DE LAS OBRAS**

Las fechas de cada una de las obras se resumen en el cuadro 2.

El autor ha tenido la oportunidad, en esta ampliación y en la anterior, con un extraordinario equipo dirigido por los Ingenieros de Caminos Manuel Arnáiz Ronda y Jesús Trabada Guijarro. En ambas se ha demostrado con hechos que cualquier infraestructura del transporte, por difícil y complicada que sea, puede y debe ponerse en servicio en 40 meses como límite máximo de tiempo. Esto debe quedar bien claro para los Ingenieros de Caminos, especialmente para los compañeros jóvenes que van a construir las infraestructuras del futuro de España. Salvo los plazos legales de algunos trámites como las Declaraciones de Impacto Ambiental (que naturalmente pueden y deben reducirse al máximo si la gestión del proyecto es la adecuada), no hay motivo ni justificación para que vuelvan a ocurrir tragedias ingenieriles como la del cierre de la Autovía de Galicia desde Villafranca del Bierzo hasta el paso de Piedrafita, que con varios proyectos licitados en noviembre de 1993 no se puso en servicio en su totalidad hasta agosto de 2002, o como está ocurriendo en la actualidad con el AVE Madrid-Zaragoza, que con los primeros proyectos licitados también en noviembre

de 1993 (tramo Calatayud-Ricla), aún no se ha puesto en servicio 9 años después. Vaya aquí por tanto el reconocimiento y el agradecimiento a la extraordinaria competencia, entrega y profesionalidad de nuestros compañeros Arnáiz y Trabada y sus equipos, exponente de lo que puede hacer la Ingeniería de Caminos en nuestras obras de infraestructuras del transporte.

Las infraestructuras del transporte terrestre, sean autovías, ferrocarriles o metros bajo ciudades densamente habitadas como en nuestro caso, son obras lineales y pueden dividirse si el proyecto se gestiona adecuadamente. Todas pueden y deben comenzar simultáneamente, y la duración total del proyecto será en consecuencia la de la obra más larga. Estas suelen ser los túneles, a los que por tanto debe prestarse la máxima atención. Los nuevos modelos de financiación extrapresupuestaria, como el que a través de la empresa pública MINTRA (Madrid Infraestructuras del Transporte) se ha utilizado en Metrosur, permiten disponer de los fondos en el momento adecuado, con lo que las disponibilidades presupuestaria no son nunca un obstáculo para el cumplimiento de los plazos.

Es frecuente encontrar en altos niveles muchas razones y excusas para explicar los retrasos en la puesta en servicio de las infraestructuras, pero el autor cree que los Ingenieros

de Caminos no estamos aquí para explicar por qué no hemos hecho las cosas, sino para hacerlas, para hacerlas bien, para hacerlas en coste y para hacerlas en plazo. La importancia de los plazos en las infraestructuras del transporte ya ha sido comentada en multitud de ocasiones, pero baste decir aquí que en la anterior ampliación de Metro de Madrid cada año de adelanto en la puesta en servicio ha supuesto un ahorro global de tiempo de viaje de 23 millones de horas. Valore el lector las horas al precio que le parezca razonable (el Consorcio Regional del Transporte lo hace a unos 12 €, 2000 Pta) y verá cómo una infraestructura de este tipo, 56 km de Metro, puede amortizarse socialmente en menos de 6 años. Y eso sin contar los ahorros sociales que supone la disminución del tráfico, de la contaminación atmosférica y de los accidentes. Lo mismo ocurre, naturalmente, con las autovías o los ferrocarriles interurbanos.

Los plazos obtenidos en la puesta en servicio de las obras de infraestructuras de la Comunidad de Madrid en 1999-2003 son excepcionalmente cortos, han superado incluso a los de la anterior ampliación y no existe precedente similar ni en España ni en el resto del mundo. En el caso de

Metrosur, por ejemplo, se han proyectado, construido y puesto en servicio 42 km de metro en túnel bajo ciudades habitadas entre septiembre de 1999 y marzo de 2003, menos de 46 meses, incluidas las instalaciones electromecánicas como energía, señalización y comunicaciones e incluido el material móvil, 88 nuevos trenes.

### **COSTE DE LAS OBRAS**

El coste de las infraestructuras ha sido el reflejado en el cuadro 3 y su desglose en el cuadro 4.

El Material Móvil ha sido fabricado por los consorcios CAF-ALSTOM-ADTRANZ y ANSALDO-BREDA. Los trenes incorporan por primera vez en la historia de Metro de Madrid una tensión de alimentación de 1.500 V corriente continua en lugar de los 600 V habituales hasta esta infraestructura. Se han fabricado en un tiempo record nunca conseguido antes en el mundo según los datos de que dispone el autor, llegando las primeras unidades en menos de 20 meses. El coste ha sido el reflejado en el cuadro 5. ■

**CUADRO 3. INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS DE METRO DE MADRID 1999-2003**

LÍNEA Y TRAMO	COSTE TOTAL MILL. Pta	COSTE TOTAL €
SOTERRAMIENTO GETAFE	13,085.7	78,646,362
SOTERRAMIENTO LINEA 9 RIVAS	6,916.7	41,570,414
LINEA 8 N.MINISTERIOS - MAR DE CRISTAL	52,276.2	314,186,065
AMPLIACIÓN GÁLIBO LINEA 10 (*)	32,882.5	197,627,523
PROLONGACIÓN LINEA 10 1. COLONIA JARDÍN - CUATRO VIENTOS	21,733.2	130,619,197
PROLONGACIÓN LINEA 10 2. CUATRO VIENTOS - ALCORCÓN	21,673.8	130,262,051
INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS LINEA 10	6,480.7	38,950,018
METROSUR CONTRATO 1.- ALCORCÓN	55,201.8	331,769,444
METROSUR CONTRATO 2.- MÓSTOLES	45,467.2	273,263,293
METROSUR CONTRATO 2.- TRAMO 3B-I		
METROSUR CONTRATO 3.- TOTAL	15,234.4	91,560,398
METROSUR CONTRATO 4.- FUENLABRADA	39,735.0	238,812,414
METROSUR CONTRATO 5.- GETAFE	46,244.3	277,934,100
METROSUR CONTRATO 6.- LEGANÉS	44,753.6	268,974,716
INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS COMUNES METROSUR	12,515.0	75,216,724
<b>SUBTOTAL METROSUR</b>	<b>259,151.4</b>	<b>1.557.531.089</b>
COCHERAS LORANCA	8,587.2	51,610,214
COCHERAS CUATRO VIENTOS	15,930.0	95,741,424
COCHERAS EL BERCIAL	1,844.9	11,087,779
TREN CERCANÍAS A SAN MARTÍN DE LA VEGA	14,611.3	87,815,759
<b>TOTAL OBRA CIVIL, ARQUITECTURA E INSTALACIONES</b>	<b>455,174</b>	<b>2,735,647,895</b>

**CUADRO 4. DESGLOSE DEL COSTE**

LÍNEA Y TRAMO	COSTE PROYECTOS OBRA CIVIL €	COSTE OBRA CIVIL €	COSTE INSTALACIONES €	COSTE CONTROL Y CALIDAD €
SOTERRAMIENTO GETAFE		75,681,984		2,964,378
SOTERRAMIENTO LINEA 9 RIVAS		33,937,244	6,883,490	749,680
LINEA 8 N.MINISTERIOS - MAR DE CRISTAL	267,200,608	39,447,703	7,537,754	
AMPLIACIÓN GÁLIBO LINEA 10 (*)		112,332,439	81,981,777	3,313,307
PROLONGACIÓN LINEA 10 1. COLONIA JARDÍN - CUATRO VIENTOS	1,211,039	127,480,831		1,927,327
PROLONGACIÓN LINEA 10 2. CUATRO VIENTOS - ALCORCÓN	1,099,963	126,578,917		2,583,172
INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS LINEA 10		38,409,291	540,727	
METROSUR CONTRATO 1.- ALCORCÓN	3,043,468	293,299,593	28,451,940	6,974,443
METROSUR CONTRATO 2.- MÓSTOLES	1,964,404	240,547,379	25,222,269	5,529,241
METROSUR CONTRATO 2.- TRAMO 3B-I				
METROSUR CONTRATO 3.- TOTAL	795,674	76,193,347	12,398,314	2,173,064
METROSUR CONTRATO 3 TRAMO 4A				
METROSUR CONTRATO 3 TRAMO 4-III B				
METROSUR CONTRATO 3 TRAMO 4B				
METROSUR CONTRATO 4.- FUENLABRADA	1,750,714	206,686,896	25,051,405	5,323,399
METROSUR CONTRATO 5.- GETAFE	2,926,877	242,770,950	25,100,031	7,136,241
METROSUR CONTRATO 6.- LEGANÉS	1,324,347	230,766,196	31,203,042	5,681,131
INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS COMUNES METROSUR	75,216,724			
COCHERAS LORANCA	357,602	43,960,626	5,656,126	1,635,859
COCHERAS CUATRO VIENTOS	741,634	54,853,268	38,577,633	1,568,890
COCHERAS EL BERCIAL		9,648,567	1,439,211	
TREN CERCANÍAS A SAN MARTÍN DE LA VEGA	67,528,529	17,021,857	3,265,373	
<b>TOTAL OBRA CIVIL, ARQUITECTURA E INSTALACIONES</b>	<b>15,215,722</b>	<b>2,209,467,374</b>	<b>452,060,813</b>	<b>58,903,986</b>

**CUADRO 5**

MATERIAL MÓVIL	COSTE TOTAL Mill Pta	COSTE TOTAL €
Trenes 8000 Línea 8, 10 trenes 3 coches	6,055	36,388,278
Trenes 8000 Metrosur, 37 trenes 3 coches	22,271	133,853,209
Trenes 7000 Línea 10, 30 trenes 6 coches	32,434	194,929,862
Remolques 6000, 22 coches	2,957	17,771,928
Sistemas ATP- ATO 8000 Línea 8	448	2,692,534
Sistemas ATP- ATO 8000 Línea Metrosur	1,144	6,875,578
Sistemas ATP- ATO 7000 Línea 10	718	4,315,267
Simuladores conducción	675	4,056,832
Vehículos auxiliares	1,545	9,285,637
<b>TOTAL MATERIAL MÓVIL</b>	<b>68,246</b>	<b>410,169,125</b>