

CONTRATO 4. TRAMOS V Y VI FUENLABRADA 2 – GETAFE 2

CONTRACT 4. SECTIONS V & VI. FUENLABRADA 2 – GETAFE 2

JUAN CARLOS DÍEZ MARTÍN. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Director de Obra. Metro de Madrid. jcarlos_diez@mail.metromadrid.es

ÁNGEL VILA FONDEVILA. Ingeniero Técnico de Obras Públicas

Director de Obra. MINTRA. admon@mintra.c.telefonica.net

RESUMEN: El Contrato nº 4 del Metrosur, comprende en tramo de túnel de 6.517 m, cuatro estaciones y una conexión con la línea C5 de Cercanías.

Comienza en la estación de "Hospital de Fuenlabrada", perteneciente al tramo anterior (Contrato nº 3) y atraviesa la ciudad de Fuenlabrada donde se sitúan las estaciones de "Parque Europa", "Fuenlabrada Central" y "Parque de los Estados", se dirige hacia la ciudad de Getafe donde se sitúa la estación "Arroyo Culebro", terminando en la estación "Conservatorio", del tramo siguiente (Contrato nº 5).

Se describen los métodos constructivos utilizados, tanto de túneles como de estaciones.

PALABRAS CLAVE: FUENLABRADA, GETAFE, ESTACIONES, TÚNEL

ABSTRACT: Contract 4 of the Metrosur consists of a 6,517 m tunnel section, four stations and a connection with line C5 of the Metropolitan railway.

The section starts off from the "Hospital de Fuenlabrada" Station which is within the preceding section (Contract 3) and crosses the town of Fuenlabrada via the "Parque Europa", "Fuenlabrada Central" and "Parque de los Estados" stations before heading for the town of Getafe and the "Arroyo Culebro" station and ending at the "Conservatorio" station which forms part of the following section (Contract 5).

The article gives a description of the construction methods employed on both tunnels and stations.

KEYWORDS: FUENLABRADA, GETAFE, STATIONS, TUNNEL

1. INTRODUCCIÓN

Metrosur es una nueva línea circular ferroviaria subterránea, que discurre por las zonas centrales urbanas de las poblaciones de Móstoles, Fuenlabrada, Getafe, Leganés y Alcorcón, interconectando las áreas de mayor densidad residencial y los principales equipamientos de rango metropolitano, universidades, hospitales, centros comerciales e instalaciones deportivas. Tiene 40 Km. de longitud y 28 estaciones, sirve a una población de un millón de habitantes y conecta en seis puntos, con tres líneas de cercanías de Renfe, y en Alcorcón con la línea 10 del metro.

Dada su magnitud, se ha fragmentado en doce tramos para su estudio, y en seis para su licitación; el contrato 4 comprende los tramos V y VI y se adjudicó en Abril de 2000 a NECSO ENTRECANALES CUBIERTAS.

La inversión total del tramo es de 208.707.333 €, de los que 180.655.932 € corresponden a Obra Civil, y el resto a instalaciones.

La longitud total del tramo es de 6.517 m, de los cuales 5.192 m discurren en Fuenlabrada y 1.325 m en Getafe. Incluye cuatro estaciones completas, una de ellas con conexión con Cercanías de Renfe, y otra preparada para un futuro desarrollo urbanístico, además de nueve pozos, de los cuales cuatro son de ventilación, uno de bombeo, dos de ventilación y bombeo, una salida de emergencia y otro de bombeo y emergencia.

El trazado comienza en el piñón de salida de la estación "Hospital de Fuenlabrada", que da servicio a la Universidad Rey Juan Carlos. Cruza la M-506, y discurre por la calle Francia, donde está situada la estación "Parque Europa". A continuación describe una curva y contracurva dirigiéndose a la estación de Renfe de Fuenlabrada, donde se ejecuta la estación "Fuenlabrada Central", y el correspondiente Intercambiador; prosigue atravesando el barrio antiguo de Fuenlabrada, al norte del primitivo Ayuntamiento, y llega a la calle Miguel de Unamuno. En la confluencia con la Avda. de Venezuela se localiza la estación "Parque de los Estados"; la traza sigue



Figura 1.
Plano de
situación.

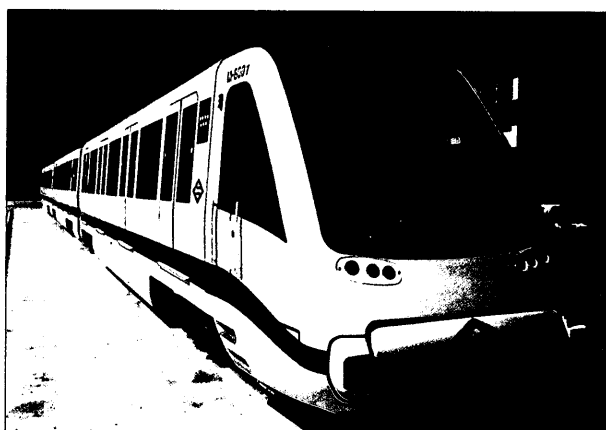


Figura 2.
Tren 8.000.

Figura 3.
Colocación
de vía.



por esa avenida, cruza la Avda. de la Hispanidad y sigue, campo a través, hacia Getafe. Antes atraviesa el arroyo Culebro, que se encauza, y en ese tramo se ubica una futura estación que dará servicio a nuevos desarrollos urbanísticos.

Ya en el término municipal de Getafe se cruza la M-50, y a continuación, en el sector 3, se construye la estación "Arroyo Culebro". La traza continúa por el Sector 3 y termina en la Avenida de Arcas del Agua, junto al piñón de entrada de la estación "Conservatorio".

El túnel discurre bajo zonas edificadas, con edificios de cuatro alturas, como máximo, y a profundidades considerables, entre 20 y 25 metros.

2. PARÁMETROS DE TRAZADO Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA VÍA. MATERIAL MÓVIL

Para aprovechar las características del material móvil de la serie 8.000 es necesario que el trazado cumpla condiciones más estrictas que en el resto de la red; estas son:

- Radio de las curvas en planta $\geq 300\text{m}$
- Rampa máxima de la rasante ≤ 35 milésimas
- Acuerdo vertical mínimo $K_v = 2.000$
- Alineación en estaciones.
- Mínimo tramo recto horizontal. $L = 115 \text{ m.}$
- Peralte máximo = 150 mm.
- Aceleración transversal sin compensar, en casos excepcionales $< 0,65 \text{ m/s}^2$
- Variación de la aceleración transversal en la transición, en casos excepcionales $< 0,20 \text{ m/s}^3$
- Tangente de diagonales $0,125$
- Gálibos correspondientes al material móvil tipo:8.000
- Rampa de peralte $< = 2 \text{ mm/m.}$

El sistema de vía implantando es de vía en placa con tacos independientes. Los tacos son elásticos con sistema de fijación Vossloh. El tipo de carril es UIC 54 suministrado en barras de 18 metros y unido con soldadura aluminotérmica.



Preparación de la soldadura

Figura 4.
Soldadura
aluminotérmica.

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
DEL MATERIAL MÓVIL TIPO 8.000**

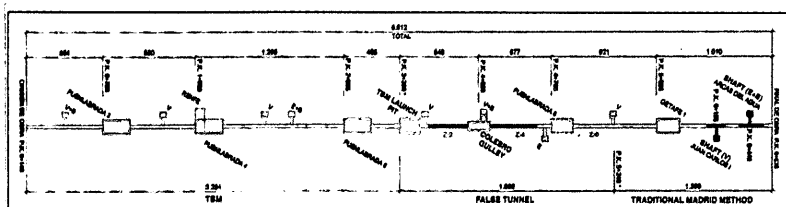
Material móvil tipo	8.000
Composición unitaria	MR-M
Ancho de vía	1.445 mm
Tensión de catenaria	1.500 V.c.c.
Configuración	Tren continuo
Material de construcción	Aluminio
Potencia de la unidad	1.520 Kw
Velocidad máxima 1	10 Km/h
Aceleración máxima	1,2 m/s ²
Nº total de plazas	607
Motores de tracción unidad	8
Longitud	55,5 m
Anchura	2.800 mm

3. TRAMIFICACIÓN

En la obra pueden distinguirse tres tramos claramente diferenciados, en el sentido creciente de los PK.

Los 3.300 m. iniciales, entre el nuevo hospital y la avenida de circunvalación, discurren a más de 20 metros de pro-

Figura 5.
Esquema de
trazado.



fundidad y bajo el núcleo urbano de Fuenlabrada. Se ha ejecutado con tuneladora, el método más seguro, con contención completa del terreno, incluso el frente, y menores asentamientos. En este tramo se sitúan tres estaciones, "Parque Europa", "Fuenlabrada Central" Y "Parque de los Estados", así como cuatro pozos.

Los trabajos de perforación de la tuneladora "La Paloma", comenzaron el día 19 de Septiembre de 2.001 en el pozo de entrada de la máquina junto a la avenida de circunvalación. Ha ejecutado 2.840 m. de túnel de 9,40 m. de diámetro, atravesando tres estaciones y circulando de Oeste a Este bajo el casco viejo de la ciudad. El pasado 3 de Abril de 2.002, terminó su trabajo la tuneladora llegando al pozo de salida junto a la estación "Hospital de Fuenlabrada". A lo largo de 197 días de trabajo continuo (24h./día), se ha conseguido un rendimiento de 14,4 ml./día.

A continuación, y hasta la M-50, se atraviesan 1.892 m. de terrenos rústicos; el túnel se ha ejecutado a cielo abierto. Este tramo cruza el arroyo Culebro, que previamente se desvió, e incluye la futura estación F6, de la que sólo se ha ejecutado la caverna, postergando su terminación hasta que se urbanice la zona.

Por último, desde la M-50 hasta el final de la obra, 1.325 m. de túnel en el que se ha empleado el método tradicional de Madrid. En este tramo se construye la estación "Arroyo Culebro" y dos pozos (uno de ventilación y otro de bombeo).

4. ESTACIONES

El tramo incluye la ejecución de cuatro estaciones; "Parque Europa", "Fuenlabrada Central", "Parque de los Estados" (en el término municipal de Fuenlabrada) y "Arroyo Culebro" (en el término municipal de Getafe).

Los criterios formales de diseño aplicados a las estaciones, se apoyan en la idea fundamental de la ordenación espacial. Se trata de crear amplios espacios que permitan al usuario una clara orientación. La elección de los acabados y la iluminación se funden en ese intento.

Todas las estaciones están diseñadas con un único vestíbulo situado donde indica el análisis poblacional. En el piñón contrario se sitúa siempre una salida de emergencia.

Las escaleras mecánicas suben hasta el nivel de calle y para protegerlas de la lluvia se ha diseñado un pabellón de cristal con perfilera de acero inoxidable, que alojarán las escaleras fijas y mecánicas integrando además, el sistema de cancelas de cierre.

Las estaciones están dotadas de ascensores para personas de movilidad reducida. El ascensor de calle está situado junto al acceso principal, y en el caso de la estación de "Fuenlabrada Central", dentro del pabellón exterior. Desde

Figura 6.
Estación
Arroyo
Culebro.



Figura 7.
Salida de
emergencia.

el nivel de vestíbulo existen además, otros dos ascensores que dan servicio a los respectivos andenes.

En el vestíbulo se incluye: PCL, cuarto de equipamiento, cuartos de control para escaleras mecánicas, cuarto para la maquinaria del ascensor, aseos-vestuarios masculinos y femeninos, almacén para personal de limpieza, cuarto de bañuras, cuartos disponibles y cuarto de contadores para las compañías de luz y agua.

En los andenes se localizan: ventilación, cuarto de bombeo, cuartos de maquinaria de escaleras y ascensores, PCI, centro de transformación, cuarto de baja tensión, cuartos para seccionadores y/o armarios de señales, cuarto de telefonía, comunicaciones, cuarto de jefe de estación, de enclavamiento y salidas de emergencia.

En cuanto a la decoración, los alzados están ejecutados en una primera altura de 2,60 m organizada en tres bandas: En la parte inferior, un elemento de zócalo corrido de 30 cm de alto consistente en un aplacado de granito negro nacional; en su parte central, el revestimiento consiste en



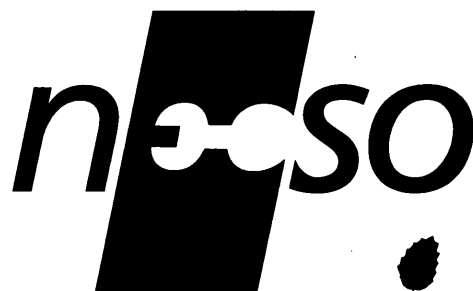
Metrosur

Contrato 2 Tramos: III - B1 (Móstoles)

- Longitud total del tramo: 1,320 km
- Número de estaciones: 0 ud
- Volumen de hormigón: 77.332 m³
- Volumen de excavación: 510.031 m³
- Acero: 2.921.166 kg
- Pantallas: 6.297 m²
- Longitud de carril: 5,102 km

Contrato 4 Tramos: 5 - 6 (Fuenlabrada)

- Longitud total del tramo: 6,507 km
- Número de estaciones: 4 ud
- Volumen de hormigón: 248.648 m³
- Volumen de excavación: 1.765.214 m³
- Acero: 13.257.503 kg
- Pantallas: 44.187 m²
- Longitud de carril: 26,409 km



entrecanales cubiertas

una compañía **acciona**



Figura 9.
Estación
Arroyo
Culebro.

paneles de chapa esmaltada de distintos colores de gran despiece (1,00 x 1,90 m) que permite la integración de los paneles informativos de Metro, carteles publicitarios y puertas; y en la parte superior se ejecuta un elemento lineal corrido de 40 cm de ancho en la misma chapa esmaltada que integra el cableado de comunicaciones y la señalización correspondiente. A partir de los 2,60 m y con una altura variable, el revestimiento consiste en bandas de 1 m

de ancho de chapa estirada, galvanizada y lacada, dejando un pequeño foseado de 10 cm para el remate contra el techo. Los pilares van forrados con acero inoxidable.

Los techos de las estaciones son de hormigón visto, tratados con una pintura al silicato.

En cuanto a los pavimentos en los andenes, vestíbulo y corredores, la baldosa es de terrazo pulido con árido granítico. Los peldaños de las escaleras y sus desembarcos son



Figura 10.
Estación
Fuenlabrada
Central.

de granito negro. Los solados de cuartos técnicos y salidas de emergencia son de terrazo y los de los aseos, de baldosa de gres.

La estación "Fuenlabrada Central", tiene la particularidad de hacer de intercambiador con la estación de cercanías de Renfe. Tiene un nivel más que el resto de las estaciones, donde se ubica el vestíbulo de Renfe. Dicho vestíbulo, bajo la playa de vías de la estación, se ha resuelto con un cajón hincado, a

través del cual, se accede a los andenes de la estación de cercanías mediante escaleras fijas, mecánicas y ascensores.

La cubierta de esta estación es de vigas prefabricadas que van pintadas en color gris y la placa prefabricada entre vigas de color azul.

Los accesos dan servicio tanto a Metrosur como a Cercanías y existen a ambos lados de las vías, con objeto de salvar la barrera que supone el ferrocarril en superficie.

Respecto a los acabados de la estación y del vestíbulo de intercambio, se siguen los mismos criterios de diseño que en el resto de las estaciones, añadiendo un falso techo de poliéster en el cajón hincado.

5. TRATAMIENTOS Y AUSCULTACIÓN

Los tratamientos procuran evitar asientos excesivos en lugares delicados, generalmente edificios. En este tramo se han ejecutado ocho pantallas de micropilotes, tres compensaciones de asientos, además de vallados diversos, rigidización de conducciones, auscultaciones especiales y conservación de taludes.

En los emboquilles de las estaciones, al paso de la tuneladora, se han ejecutado paraguas de micropilotes armados para evitar posibles asientos en superficie en las inmediaciones de la pantalla de cierre de estación.

ANÁLISIS DE SUBSIDENCIAS

A partir del diseño del trazado, se realiza un estudio para determinar la previsión de subsidencias, (asientos y desplazamientos horizontales), que pudieran inducir las excavaciones proyectadas. Es ésta una labor de máxima importancia, puesto que permite elegir o desechar determinados trazados, y decidir sobre el empleo de técnicas auxiliares encomendadas a corregir los posibles movimientos; todo ello con la finalidad de garantizar la seguridad de los ciudadanos y edificaciones existentes en las zonas afectadas.

Para el análisis de subsidencias se han tenido en cuenta, muy especialmente, las experiencias recientes en las obras de Ampliación del Metro de Madrid. Concretamente, se han utilizado como referencias técnicas principales los artículos presentados al respecto en las Jornadas Técnicas sobre la Ampliación del Metro de Madrid (Junio 1997) y muy especialmente, la comunicación "El Modelo Madrid: Un método semiempírico para la estimación de subsidencia" (C. Oteo, M. Arnaiz, J. Trabada y M. Melis) presentada en el Congreso Mundial de Túneles celebrado en Oslo en Junio de 1999. Dicho modelo, adopta como forma de la ley de asientos, la campana de Gauss y como posición de punto de inflexión la propuesta por Sagasetta y Oteo (1996). El volumen de asientos o el asiento máximo se estima a partir de las correlaciones establecidas en el propio modelo.

Como contraste a los resultados obtenidos mediante la ampliación del Modelo Madrid, semiempírico, se ha efectuado un análisis mediante un modelo numérico de diferencias finitas (MDF) para una situación que se puede considerar suficientemente representativa del perfil tipo a lo largo del trazado. Éste estudio ha sido realizado por la Universidad de la Coruña (L. Medina, y C. Núñez). Para su desarrollo se ha utilizado el programa de cálculo FLAC, considerando el suelo como un material elastoplástico, analizándose tres situaciones básicas:

- a) Subsidencia originada como consecuencia de la excavación del túnel.
- b) Análisis del efecto sobre los desplazamientos inducidos al introducir la presencia de un edificio o estructura

TRATAMIENTO	PK	TIPO	PROYECTO	MEDIDAS DE ASIENTOS EN MILÍMETROS			
				MOD.SEMIEMPIRICO	MOD. MADRID	U. CORUÑA	REALES
TP-1	0+290	RIGIDIZAR CON ATADO HEB	32	11,5	14	6,94	2,7
TP-2	0+328	CONTROL DE NIVELACIÓN AUTOVÍA M-506	48	11,2	9,2	8,2	3,8
TP-1'	0+640	RIGIDIZAR CON ATADO HEB	58	47,9	70,7	14,9	19,9
TP-3	0+650	VALLADO ESPECIAL	119	99	103,5	14,9	16,7
TP-4	1+042	PANTALLA DE MICROPILOTES	30	19,7	23,8	13,2	3,2
TP-5	1+080	PANTALLA DE MICROPILOTES	31	13,9	17,1	11,7	2,4
TP-6	1+110	PANTALLA DE MICROPILOTES	31	13,1	17,4	13,3	2,5
TP-7	1+150	COMPENSACIÓN DE ASIENTOS	23	15,2	12,8	4,78	3,1
TP-8	1+240	COMPENSACIÓN DE ASIENTOS	14	7,8	6,9	8,9	2,6
TP-9	1+840	COMPENSACIÓN DE ASIENTOS	19	17,7	13,8	10,6	3
TP-10	1+900	AUSCULTACIÓN	14	11,3	9,5	7,82	2,5
TP-11	1+960	AUSCULTACIÓN	14	7	7	9,39	2,9
TP-12	2+485	AUSCULTACIÓN	17	3,3	3,6	14,1	2,2
TP-13	2+480	AUSCULTACIÓN	17	3,3	3,6	11,7	1,7
TP-14	2+600	AUSCULTACIÓN	29	4,9	7,3	11,5	3,3
TP-15	2+710	PANTALLA DE MICROPILOTES	37	6,5	9,1	11,2	1,3
TP-16	2+835	PANTALLA DE MICROPILOTES	52	44	47,7	13,4	5,8
TP-17	3+184	PANTALLA DE MICROPILOTES		6	4,6	10,4	4,6
TP-18	3+227	PANTALLA DE MICROPILOTES		5,7	4,5	11,3	2,5
TP-19	3+317	SE BAJA LA RASANTE		5,5	4,2	7,12	1,5
TP-19"	3+332	SE BAJA LA RASANTE		6,2	4,6		1,6
TP-19'	3+332	SE BAJA LA RASANTE		6,2	4,6		4,9
TP-20	3+447	CONSERVACIÓN DE TALUDES					
TP-20	4+197	CONSERVACIÓN DE TALUDES					
TP-20	4+891	CONSERVACIÓN DE TALUDES					
TP-21		PANTALLA DE MICROPILOTES		4,6	3,9		
TP-22	5+860	SE BAJA LA RASANTE Y AUSCULTACIÓN CUIDADOSA	11,5	5,8	4,5		4,7
TP-23	6+315	ZONA DE PRECAUCIÓN	14	6,1	5,7		3,2

Figura 11. Comparación de Asientos.

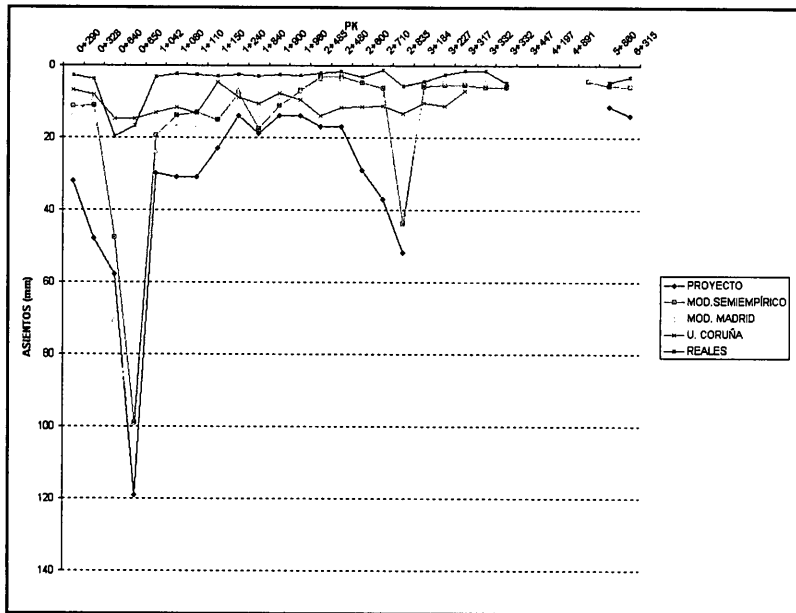


Figura 12. Gráfico de comparación de Asientos.

próximo al túnel, como consecuencia de la interacción de rigideces suelo-estructura.

c) Grado de mejora obtenido mediante la aplicación de una pantalla de terreno mejorado interpuesto entre el túnel y la estructura.

Además, las secciones más críticas del trazado han sido también analizadas con métodos empíricos y semiempíricos de previsión de asientos.

En la tabla, se observan los resultados de la previsión de asientos obtenidos a partir de los diferentes métodos, contrastados con los asientos reales. Así mismo, se enumeran los tratamientos del terreno realizados, con el objeto de reducir el efecto derivado de la subsidencia, asientos y desplazamientos horizontales que se pudiera inducir a edificios y estructuras en el área de influencia de la excavación, en cada una de las secciones analizadas a lo largo del trazado.

En la figura, se representan los asientos previstos y reales, comprobándose que los primeros, en general, son ampliamente conservadores.

En el PK 0+640, donde se preveía el mayor asiento del trazado por tratarse de una zona en la que la excavación atravesaba una importante proporción de rellenos antrópicos mal compactados, en efecto, es el punto donde se obtiene un mayor asiento. Sin embargo, el asiento producido es muy inferior a lo que se había previsto en el estudio y esto se ha conseguido gracias a un correcto control de la presión de cámara de la tuneladora a su paso por dicha zona.

La auscultación permite conocer los movimientos, niveles freáticos y otros datos que nos definen el comportamiento de la estructura y sus posibles desviaciones respecto a lo previsto.

Son, fundamentalmente, hitos de nivelación en superficie, regletas en edificios, clavos de convergencia en túneles,

extensómetros en las armaduras traccionadas de un par de secciones en cada estación, piezómetros donde se prevé agua y células de presión en contrabóvedas y soleras.

Se auscultan todos los edificios afectados por las obras, todas las estaciones y secciones de túnel cada 400 m. aproximadamente

6. PRINCIPALES UNIDADES

Resumimos a continuación las principales unidades de obra ejecutadas.

Túnel con tuneladora.....	3.300 ml.
Túnel artificial	1.892 ml.
Túnel tradicional de Madrid.....	1.325 ml.
Dovelas	14.000 ud.
Excavación	2.000.000 m ³
Relleno	1.350000 m ³
Columna de terreno tratado	4.700 ml.
Inyecciones de consolidación.....	2.800 m ³
Pantallas.....	65.000 m ³
Pilotes	1.600 m ³
Pilares prefabricados	1.700 ml.
Hormigón	205.000 m ³
Acero en redondos	17.700 Tn.
Acero en perfiles	380 Tn.
Carril	26.100 ml.
Taco elástico.....	31.000 ud.
Grava cemento bajo vía.....	53.000 m ³
Paneles de revestimiento.....	11.000 m ²

7. RENDIMIENTOS

Los rendimientos obtenidos durante la ejecución de los trabajos han sido:

Túnel con tuneladora	450 m/mes
Túnel tradicional de Madrid, por frente	40m/mes
Túnel a cielo abierto	100 m/mes
Pantallas, por equipo.....	80 m ² /día
Hinca de cajón	1 mes
Superestructura (vía doble)	2.000 m/mes

8. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

8.1 TÚNEL CON TUNELADORA

El túnel tiene sección circular de 8,43 m. de diámetro libre y, 9,07 m. de diámetro exterior, con siete dovelas de 0,32 m de espesor y 1,50 m de longitud por anillo.

Figura 13.
Sección Túnel
tuneladora.

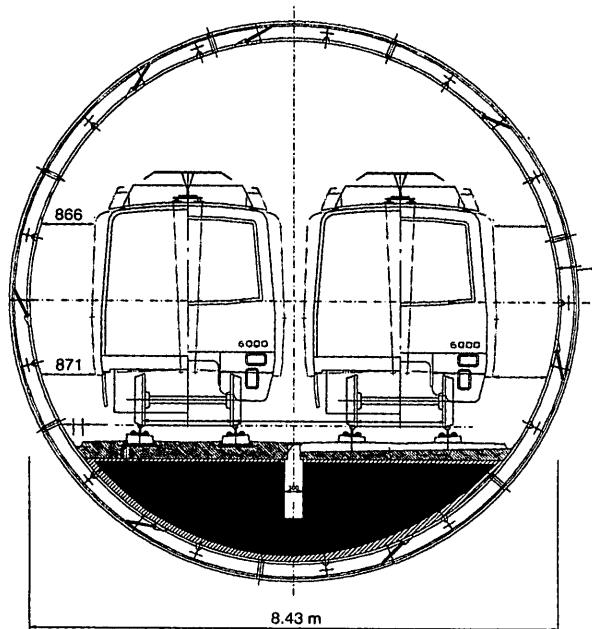


Figura 14.
Sección
tuneladora.

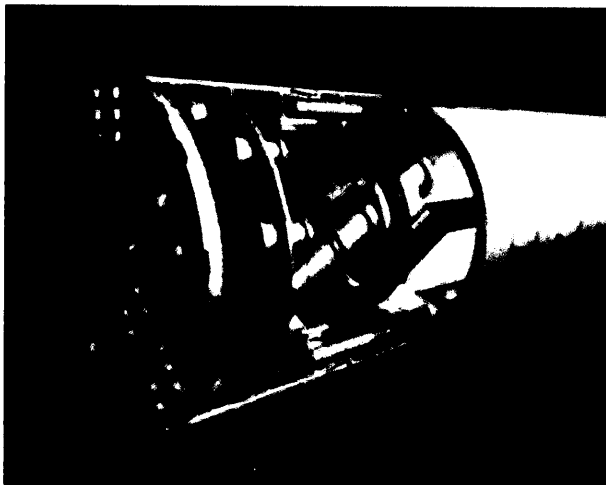


Figura 15.
Rueda de
corte.

Se ha utilizado la tuneladora "La Paloma" marca HERRNKNECHT, esta tuneladora esta preparada para trabajar en régimen cerrado, es decir, controlando en todo momento la presión en el frente. De esta manera se evitan descompresiones del terreno y los consiguientes asentamientos en superficie.

La corona frontal desmenuza el terreno al girar con sus dientes y discos, y lo mezcla con espuma para hacerlo más manejable. De la cámara de presión se extrae con un tornillo sin fin, que vierte en una cinta y esta a su vez en vagones sobre vía, que sale al exterior. Allí vuelcan el escombros en un foso, de donde se lleva a vertedero con camiones.

Las dovelas se fabrican, por el procedimiento de "carrusel" en planta, con curado al vapor y control total de calidad.

Las principales características de la tuneladora son:

DENOMINACIÓN	ESPECIFICACIÓN	
Tipo, modelo o serie		EPB
Diámetro de excavación	mm	9.360
Potencial total	KW	3.250
Longitud total	mm	8.025
Radio de curvatura	min. M	250
Articulaciones	nº	1
Back - up. Longitud	mm	57.000
Peso total/TBM&Back-up	t	1.350
Herramientas de corte	nº	150
Herramientas de gálibo	nº/Mm	3 unidades./ 10-20-30-40
r.p.m.		4,1
Empuje total	to	10.000
Longitud de desplazamiento	mm	2.000

8.2. TÚNEL A CIELO ABIERTO

Se comienza abriendo la excavación en desmonte desde el pozo de entrada de la tuneladora en sentido contrario a ésta (dirección a Getafe) y en fase constructiva inmediatamente posterior se ejecuta la obra del túnel al cielo abierto. El volumen total de excavación es de 1.300.000 m³.

Las fases de construcción del túnel son:

- 1º Ejecución de losa de solera.
- 2º Ejecución de hastiales mediante encofrado marco tradicional.
- 3º Ejecución de la bóveda mediante carro de encofrar.

Finalmente y a medida que se cierra la construcción del túnel, se realizan las operaciones de relleno y restitución del terreno.

Figura 17.
Método
Tradicional
de Madrid.

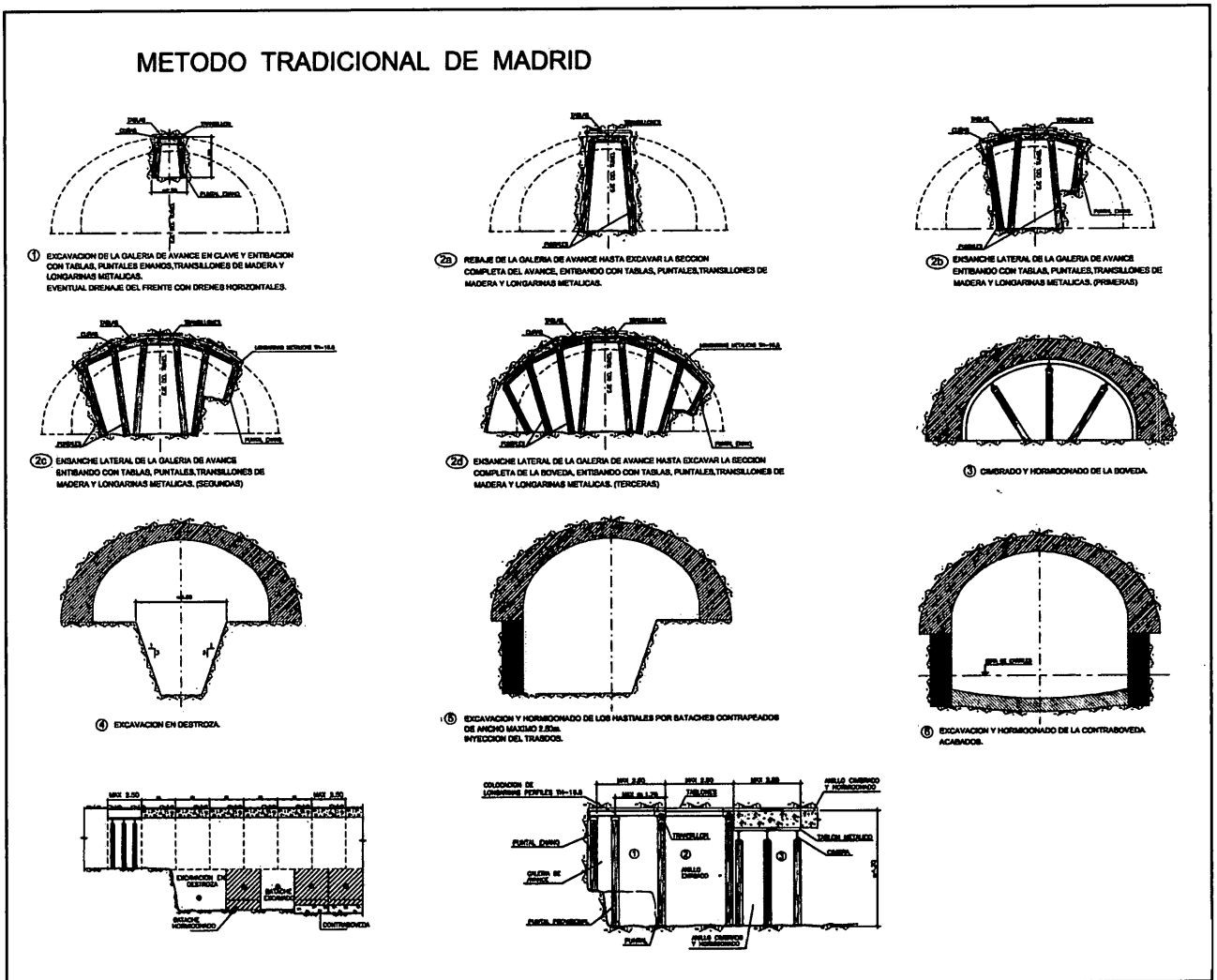
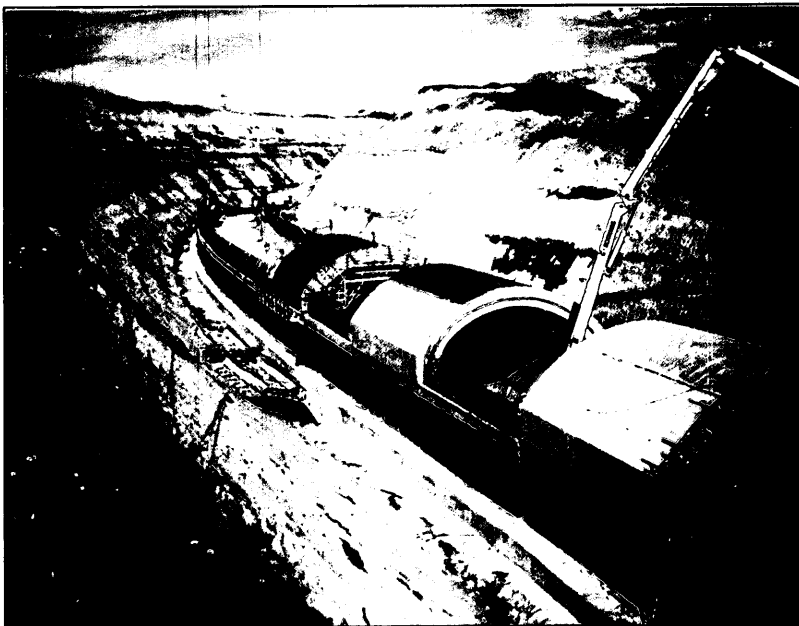


Figura 16.
Falso Túnel.



8.3. MÉTODO TRADICIONAL DE MADRID

El tramo final se ha ejecutado por el método tradicional de Madrid, método artesano e histórico. La sección es similar a la anterior, pero se ejecuta en tres fases, que son bóveda, hastiales y solera.

- **Bóveda:** esta fase, que es la más comprometida e importante, también se subdivide en otras dos: galería de avance: mina de dos metros de altura y un metro de ancho, sujeta y entibada con puntales, longarinas y tabla, y ensanche: igualmente entibado totalmente y con los mismos medios, hasta llegar a la sección completa del tercio superior de la sección, que se corresponde con la parte curva. Conservando la entibación, se encofra y hormigona con bomba desde el exterior.

- **Hastiales:** se ejecutan por bataches verticales contrapeados con los módulos de bóveda, de manera que

nunca queden éstos descalzados. Previamente se han retirado las tierras centrales, o destroza.

- Solera: se ejecuta en tramos de 20 m.

8.4. ESTACIONES

El procedimiento de ejecución de las estaciones es el denominado "CUT AND COVER" y consta de las siguientes fases:

1. Ejecución de las pantallas y pilas pilote.
2. Ejecución de la losa de cubierta.
3. Excavación hasta nivel de vestíbulo.
4. Ejecución de vestíbulo.
5. Excavación hasta nivel de contrabóveda.
6. Ejecución de la contrabóveda.
7. Andenes y acabados.

En dos estaciones se han ejecutado bóvedas de hormigón armado de 17 m de luz. En un caso, utilizando un



Figura 18. Método Belga.

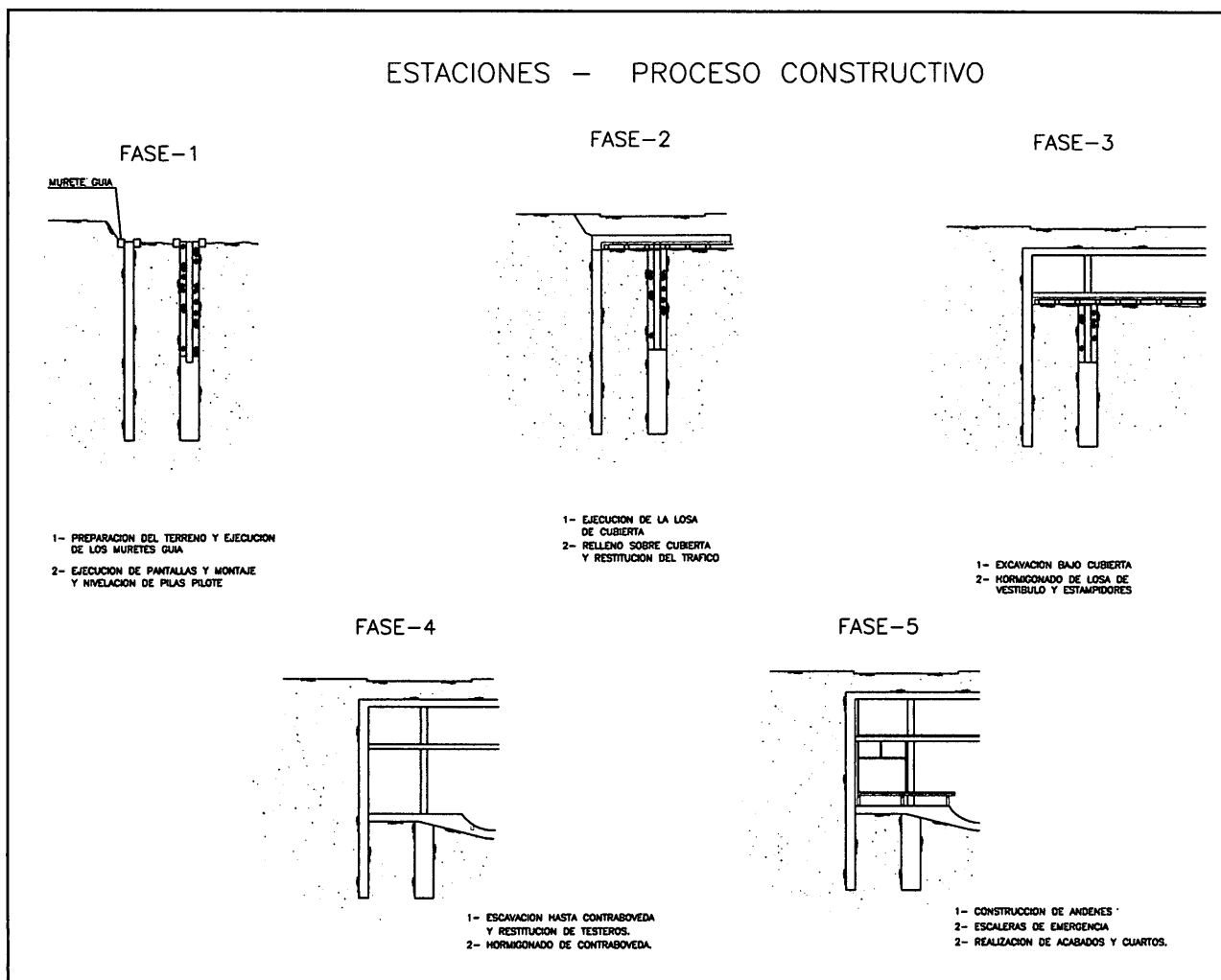


Figura 19. Estaciones. Proceso constructivo.



Figuras 20 y 21. Bóveda estación in situ y bóveda estación carro de encofrado.

Figura 22. Hinca de cajón.

carro de encofrado y en el otro, encofrado sobre el terreno.

8.5. HINCA DE CAJÓN BAJO VIAS DE RENFE

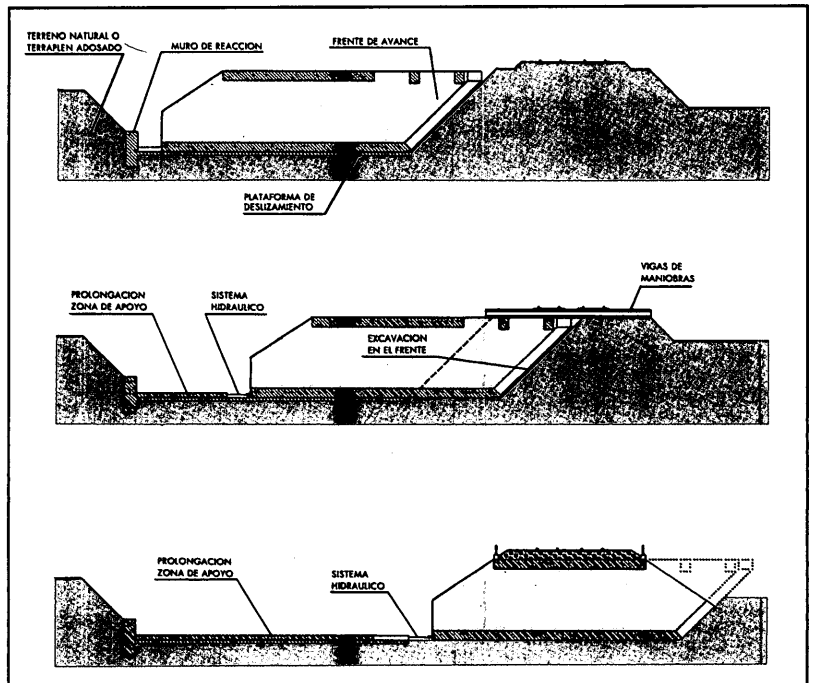
En la estación "Fuenlabrada Central", se realiza una interconexión con la estación de cercanías de RENFE que consiste en un vestíbulo de 40,0 X 20,0 m² de hormigón armado. Esta estructura se ha construido en el recinto de la estación de METROSUR y se ha hincado mediante el sistema de empuje oleodinámico, cruzando las cinco vías de RENFE existentes.

El sistema se resume en las siguientes fases:

- A. Preparación de la plataforma de deslizamiento y construcción de la estructura de reacción.
- B. Ejecución de la estructura, que consiste en un marco rectangular de dos ojos separados por una fila de pilares. El frente de avance está constituido por dos ménsulas triangulares en prolongación de los hastiales que garantizan la contención lateral del terreno en el avance.
- C. Apeo longitudinal de las vías mediante paquetes de carriles, colocados a ambos lados de cada carril de rodadura y nido en su parte inferior por un cupón de carril

las triangulares en prolongación de los hastiales que garantizan la contención lateral del terreno en el avance.

- C. Apeo longitudinal de las vías mediante paquetes de carriles, colocados a ambos lados de cada carril de rodadura y nido en su parte inferior por un cupón de carril





Arriba, figura 23. Gatos hidráulicos. A la izquierda, figura 24. Cajón hincado.

en posición transversal a la vía, que se suspende de los paquetes mediante abrazaderas especiales. Estos apeos apoyan perpendicularmente sobre las vigas de manobra, en forma de doble T, que se apoyan a su vez, en la parte posterior en la estructura, y en el extremo más adelantado, sobre el terreno natural.

• D. *Traslación de la estructura*

Se consigue mediante el empuje de unos gatos instalados entre la estructura a deslizar y el muro de reacción. Antes de cada fase de empuje, se realiza la excavación del terreno con métodos convencionales, efectuándose desde el interior de la estructura.

• E. *Desapeo y reposición de las vías.* ■

FICHA TÉCNICA

PROMOTOR

MINTRA (Madrid, Infraestructuras del Transporte)
Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes.

AUTOR DEL PROYECTO
DIRECCIÓN DE OBRA

Comunidad Autónoma de Madrid
MINTRA, AEPO, TYPSA
Jesús Trabada Guijarro
Ingeniero de Caminos, C. y P.
Angel Vila Fondevila
Ingeniero Técnico de Obras Públicas
Juan Carlos Díez Martín
Ingeniero de Caminos, C. y P.
Jose M^a Rodríguez Ortiz
Ingeniero de Caminos, C. y P.

ASESOR GEOTÉCNICO

NECSO entrecanales cubiertas

CONSTRUCTORA
ASISTENCIA TÉCNICA
CONTROL DE CALIDAD
PRESUPUESTO
PRESUPUESTO INSTALACIONES
PLAZO DE EJECUCIÓN

PROSER, PROINTEC
COTAS-CIESM
180.655.932 Euros
28.655.932 Euros
30 Meses