

Tramos II y III

[Móstoles-Fuenlabrada]

Mercedes Lera Vela

Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos

Jefa de la Sección de Supervisión de Proyectos

Jesús M. Trabada Guijarro

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Jefe de Servicio de la Comunidad de Madrid

RESUMEN

El Contrato nº 2 de Metrosur, de 7.312 m. de longitud, discurre por los términos municipales de Móstoles y Fuenlabrada. Tiene su origen en el piñón de entrada de la estación de Móstoles 1 y su final en las proximidades de la estación de Fuenlabrada 1. Esta obra consta de cinco estaciones, construyéndose cuatro de ellas entre pantallas, y la quinta estación, Móstoles 5, se realizará con vaciado previo hasta cimentación. Desde la estación de Móstoles 1 hasta la de Móstoles 5, 3.959 m., se construirán con tuneladora; 2.576 m. se realizarán a cielo abierto, de los cuales 450 m. se harán con pantallas y 2.126 m. con falso túnel.

ABSTRACT

Contract No. 2 of the Metrosur (South Madrid Metro Extension) runs 7.312 m through the municipalities of Móstoles and Fuenlabrada. The section starts at the Móstoles 1 station and finishes in the vicinity of the Fuenlabrada 1 Station. The two sections forming this line include five stations, four of which being built between diaphragm walls while the fifth, the Móstoles Station, shall be built after open pit excavation. On the section between the Móstoles 1 and Móstoles 5 station, 3,959 m will be built by TBM; 2,576m by cut and cover methods, 450 m of which being made with diaphragm walls and the remaining 2,126 m by false tunnelling.

1. INTRODUCCIÓN

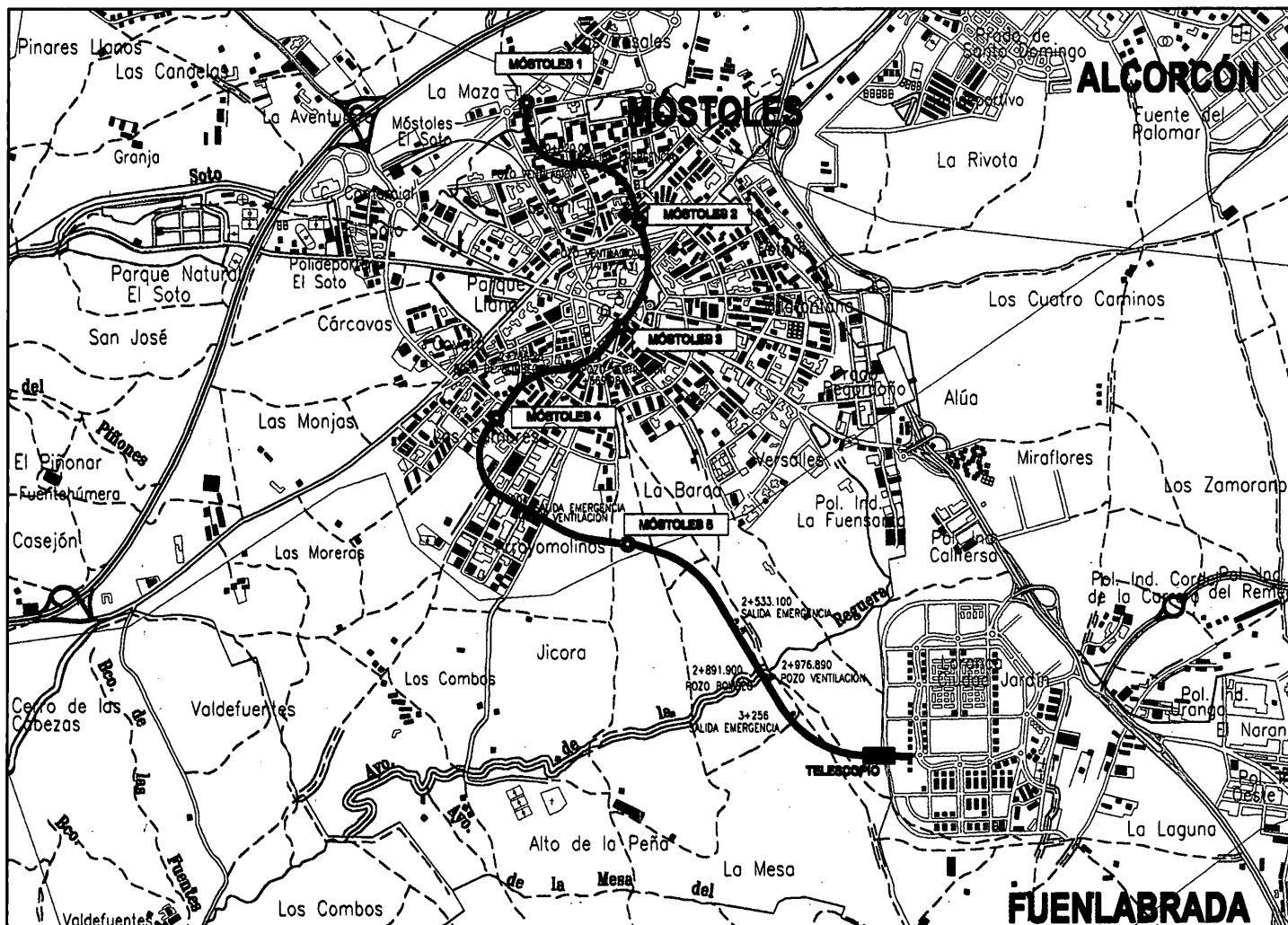
Para mejorar las condiciones de movilidad en la Zona Sur de la corona metropolitana de Madrid, que engloba una población próxima al millón de habitantes, la Comunidad de Madrid ha planeado la creación de una nueva infraestructura que mejore de forma apreciable la oferta de transporte público, tanto para las comunicaciones internas o transversales, como para los desplazamientos radiales de comunicación con Madrid capital.

Metrosur se plantea como una nueva línea de metro circular, que vertebrará los núcleos urbanos de Alcorcón, Leganés, Getafe, Móstoles y Fuenlabrada. El trazado discurre por el interior de las zonas urbanas en las que se establecen numerosas

paradas, por lo que se posibilita la funcionalidad del sistema como metro interior a cada municipio. El anillo constituido por Metrosur se comunicará con la red actual del Metro de Madrid mediante la prolongación de la línea 10 de ésta hasta la nueva estación Alcorcón-1, donde se facilitará la correspondencia entre ambas líneas.

En todas estas poblaciones, la nueva línea discurre junto a las actuales estaciones de Renfe, creando puntos de intercambio en cada municipio entre la nueva línea de Metro y la red de Cercanías. Esta circunstancia posibilita además una adecuada incorporación al sistema de los municipios de Paña y Pinto.

El anillo completo correspondiente a Metrosur, 38 Kilómetros y 27 estaciones, se ha dividido en 12 tramos, englobando



el Contrato nº 2 los proyectos correspondientes a los denominados "tramo II" y "tramo III", que totalizan 7,3 Km y 5 estaciones, equivalentes aproximadamente al 20% del Metrosur.

2. DESCRIPCIÓN RESUMIDA DE LOS TRAMOS

TRAMO II

El tramo II se encuentra ubicado en el término municipal de Móstoles. Tiene su origen en el piñón de entrada a la estación Móstoles 1 y el final en la pantalla de entrada de la estación Móstoles 4. La longitud total de este tramo es de 3.173,8 m y en él se han proyectado tres estaciones, tres pozos de ventilación del túnel, una salida de emergencia y un pozo de bombeo.

La estación **Móstoles 1** se encuentra situada entre los terrenos de la Universidad Rey Juan Carlos I y la calle Alcalde de Móstoles, afectando además a la calle Tulipán. La profundidad bajo rasante varía desde 14 a 22 m, medidos desde cota de carril. Las dos bocas de entrada a la estación se encuentran si-

tuadas en la calle Alcalde de Móstoles. En esta estación se han proyectado cuatro vías de apartadero para utilizar como estacionamiento temporal del material móvil, dos a cada lado de los dos andenes.

Estación Móstoles 1

A la salida de la estación se inicia el túnel de línea que, tras cruzar la calle Alcalde de Móstoles, se introduce en la urbanización Parque Estoril II cruzando por debajo de varios edificios. Como puntos singulares de paso hay que reseñar, en esta parte del trazado, el Colegio Público Alonso Cano, la confluencia de las calles Alonso Cano y Salvador Dalí, el cruce de las calles Juan de Juanes, Velázquez y pintor El Greco, el polideportivo de la urbanización y el cruce de la calle Pintor Miró.

El trazado en planta de este tramo del túnel está formado por dos curvas en "S" de radios 300 y 310 m. En alzado tiene una pendiente constante de 21%. Su longitud es de 1.122,5 m. La profundidad desde la superficie varía entre 12,5 y 28 m, medidos hasta el carril de la vía.



Estación
Móstoles 1.

En el PK 0+820 se sitúan una salida de emergencia y un pozo de ventilación del túnel.

La estación **Móstoles 2** se encuentra situada ocupando el espacio libre entre edificios en el Paseo de Goya junto a la estación de Renfe. La profundidad desde nivel de carril es 18 m. El diseño de la estación permite el intercambio de viajeros con la línea C5 de la Red de Cercanías de Renfe, evitando que los usuarios tengan que realizar largos y complicados recorridos. Con tal fin se ha incluido en el Proyecto la reforma y ampliación de la actual estación de Cercanías.

En el diseño de la estación también se ha previsto el futuro soterramiento de la línea C5, de forma que la remodelación a realizar en ella sea mínima cuando esta actuación se acometa en el futuro.

El tramo de túnel de línea entre las estaciones de Móstoles 2 y 3, tiene una longitud de 612,9 m, avanzando bajo las siguientes calles: Paseo de Goya, Avenida de Portugal, Avenida de la Constitución, y las calles de la Independencia y de Simón Hernández. El trazado en planta está formado por una curva de radio 545 m. En alzado tiene una pendiente inicial de 35%, pasando a 5,1% en los 200 últimos metros. La profundidad respecto de la superficie, medida desde el carril de la vía, varía entre 18 y 25 m. En el PK 1+680 se sitúa un pozo de ventilación del túnel.

La estación **Móstoles 3** se localiza bajo la plaza del Pradillo, entre las calles de Agustina de Aragón, Dos de Mayo y Mártires. Las dos bocas de entrada a la estación se han proyectado



Estación
Móstoles 3.

en dicha plaza, junto a la calle de los Mártires. La profundidad de la estación desde el nivel de carril varía entre 16 y 19,4 m.

Estación Móstoles 3

El tramo de túnel de línea entre las estaciones de Móstoles 3 y 4 tiene una longitud total de 932,6 m, avanzando bajo las calles: Mártires, Juan XXIII, Arroyomolinos, Montero, Río Tajuña, Río Bidasoa, Coronel de Palma y Alfonso XII.

El trazado en planta del túnel está formado por dos curvas en "S" de radios 375 y 350 m. En alzado se suceden una pendiente y una rampa de igual porcentaje, 35%, con un punto bajo en el PK 2+787,8. La profundidad desde nivel de carril en este tramo de túnel varía entre 13 y 24 m. En el PK 2+569 se sitúa un pozo de ventilación del túnel y en el PK 2+788 un pozo de bombeo del túnel.

TRAMO III

Este tramo se encuentra ubicado en los términos municipales de Móstoles y Fuenlabrada y tiene su origen en el piñón de entrada de la estación de Móstoles 4 y su final en el PK 4+160,272. La longitud total del trazado es 4.128,8 m, donde se han proyectado dos estaciones, dos pozos de ventilación del túnel, tres salidas de emergencia y un pozo de bombeo del túnel. Al final del tramo está previsto ejecutar un entronque con las futuras cocheras, que se emplazarán al oeste de Loranca.

La estación **Móstoles 4** se encuentra situada en el origen del tramo bajo el parque Villa Europa, localizado entre la calle Río Sella y la calle Río Ebro. Para su ubicación se ha tenido en cuenta la situación del Hospital General de Móstoles, de tal

manera que el acceso desde la estación al centro sanitario sea cómodo y rápido. La estación tiene una profundidad desde la superficie variable entre 14,0 y 18,5 m, medidos hasta el carril de la vía.

Estación Móstoles 4

El tramo de túnel de línea entre las estaciones Móstoles 4 y Móstoles 5 tiene una longitud de 1.376,8 m. A lo largo de éste se continua, girando a través de una curva de radio 300 m, bajo las calles Río Sella, Río Duero y Río Segura hasta instalarse bajo la alineación correspondiente a la calle Río Guadalquivir, por la que avanza cruzando sucesivamente la avenida de la Cámara de Industria y la calle de Moraleja de Enmedio. Desde ésta última intersección progresa bajo la avenida del Desarrollo, donde a la altura en que ésta gira a la izquierda, el trazado se separa de la misma con una curva de radio 700 m, también a la izquierda. Al final de dicha curva por la que se avanza bajo un terreno sin urbanizar, según el planeamiento suelo urbanizable no programado (PAU-4), se alcanza la alineación recta en la se construirá la estación Móstoles 5.

En alzado el túnel discurre según una rampa de 8,2 %, que en los últimos 500 m se eleva hasta 21,4 %. La profundidad entre superficie y nivel de carril varía entre 9 y 26 m. En el PK 0+897, se ubica un pozo de ventilación del túnel y a continuación el PK 0+904, se emplaza una salida de emergencia del túnel.

La estación **Móstoles 5** se ha proyectado ejecutar a cielo abierto en una zona contemplada en el planeamiento como suelo urbanizable no programado a desarrollar en el denominado PAU-4. La profundidad desde la superficie varía entre 10 y 12 m, medidos desde el nivel de carril.



Estación Móstoles 4.

Estación Móstoles 5

Desde la salida de la estación Móstoles 5 hasta el final del trazado se proyectan 2.496 m de túnel. Este tramo se inicia con una curva a la derecha de radio 650 m hasta el PK 2+400, en las inmediaciones del punto donde se abandona el suelo urbanizable (PK 2+520). Una vez se sale de la curva el trazado progresa siguiendo una alineación recta de 710 m de longitud, que discurre paralela al camino de Móstoles a Humanes.

En el PK 3+096 se inicia una nueva curva de radio 700 m a la izquierda con la que se alcanza la alineación de la avenida de Loranca (a la altura de la división de los términos municipales de Móstoles y Fuenlabrada). Dicha avenida está emplazada en Loranca Ciudad Jar-



Estación Móstoles 5.

dín (Fuenlabrada), donde en las inmediaciones de su intersección con la avenida de Pablo Iglesias termina la obra objeto del Contrato N°2 de construcción del Metrosur. A la altura del enlace de la última curva con la alineación recta se localiza el telescopio de entronque con las futuras cocheras que se emplazarán al oeste de Loranca, obra aquella que ocupa 120 m de túnel.

En alzado, a la salida de Móstoles 5 se avanza por una pendiente de 5 % a lo largo de 584 m, a continuación se incrementa ésta hasta 26,5 % por la que se progresa 590 m, con lo que se alcanza el PK 2+875 donde se localiza un punto bajo a partir del cual se invierte la rasante a una rampa de 1 % en 756 m. En los últimos 529 m se avanza por una rampa de 33 %.

En el PK 2+920 y el PK 3+735, se cruzan respectivamente los arroyos de la Reguera y de Fregacedos, que tras su desvío provisional para realizar la obra se vuelven a su emplazamiento original, encauzándolos de forma que se eviten posibles erosiones que pudieran afectar al túnel.

En el PK 2+533,1 se localiza una salida de emergencia del túnel, en el PK 2+891,9 se sitúa un pozo de bombeo del túnel. En el PK 2+976,8 se ha proyectado un pozo de ventilación del túnel, finalmente en el PK 3+256 se localizará otra salida de emergencia del túnel.

En el cuadro 1 se presenta un resumen sintético de las estaciones, todas ellas con una longitud mínima de andén de 115 m.

3. ALCANCE DE LAS OBRAS

En líneas generales, el objeto de Contrato N°2 se concreta en la ejecución de las siguientes obras:

- ▼ Infraestructura necesaria para la explotación de la línea mediante la circulación de trenes formados por seis coches de la nueva serie 6000, incluyendo túnel, estaciones, pozos de ventilación, obra civil para las subestaciones eléctricas, cuartos de transformación, pozos de bombeo, instalaciones para evacuación de emergencia, etc.
- ▼ Arquitectura, decoración, iluminación, abastecimiento y saneamiento de estaciones. Las escaleras mecánicas, ascensores, instalaciones del PCL, equipos de ventilación y mobiliario en vestíbulos solamente se estudian para el dimensionamiento de la infraestructura, pero no se contempla su instalación en este proyecto.
- ▼ Instalaciones para el alumbrado del túnel y para el bombeo de las aguas que recoja la infraestructura.

CUADRO 1.

Estación	Número de accesos	Diferencia cotas calle-andén (m)	Intercambio con Renfe	Vías de apartado
Móstoles 1	2	13,0	-	4 vías
Móstoles 2	2	17,0	si	-
Móstoles 3	2	15,0	-	-
Móstoles 4	1	17,5	-	-
Móstoles 5	1	10,0	-	-

- ▼ Superestructura de vía.
- ▼ Reposición de servicios y desvíos de tráfico.

4. POBLACIÓN ATENDIDA

El análisis de coberturas de población se ha realizado para coronas de radio 600 m. Considerando los solapes entre áreas de influencia contiguas y con los radios de las estaciones de Cercanías existentes, se analizaron las poblaciones atendidas por cada una de las estaciones, tomando como punto de partida los datos del año 1996, y haciendo una estimación a dos años horizonte, el 2010 y el 2018.

En la proyección se han considerado los desarrollos urbanísticos previstos en los P.G.O.U. de los municipios afectados, la ubicación actual o planificada de equipamientos comerciales, educativos, universitarios y sanitarios, así como la situación de centros de producción como puedan ser los polígonos industriales. (Cuadro 2).

5. TRAZADO

El trazado definido responde a los criterios de diseño establecidos por Metro de Madrid para material móvil tipo 6.000 y a los condicionantes debidos a aspectos tales como:

- ▼ La situación de las estaciones.
- ▼ Las características geotécnicas del terreno.
- ▼ La compatibilidad con las condiciones de trazado de los tramos contiguos en proyecto, en su conexión con los mismos.
- ▼ Los aspectos funcionales, tales como facilitar el acceso desde el exterior de los usuarios del sistema Metro, disponiendo los andenes lo más superficiales posible. También se ha tratado de minimizar los recorridos de los viajeros en el intercambio entre Metrosur y la red de Cercanías, línea C5, en la estación de Móstoles.
- ▼ La estructura urbana y en particular la situación y características de la cimentación de los edificios próximos a la traza en estudio.
- ▼ Los servicios existentes

Los criterios de diseño empleados han sido:

- ▼ Radio de las curvas en planta ≥ 300 m.
- ▼ Rampa máxima de la rasante ≤ 35 milésimas.
- ▼ Acuerdo vertical mínimo $K_v = 2000$ m.
- ▼ Alineación en estaciones = Horizontal, recta, $L \geq 115$ m.
- ▼ Peralte máximo = 150 mm.
- ▼ Aceleración transversal sin compensar = 0 m/s².
- ▼ Aceleración transversal sin compensar, en casos excepcionales, $\leq 0,65$ m/s².
- ▼ Variación de la aceleración transversal en la transición $< 0,17$ m/s³.

CUADRO 2.

ESTACIÓN	1996	2010	2018
Móstoles-1	9.203	11.666	11.002
Móstoles-2	33.205	35.968	33.922
Móstoles-3	34.793	38.086	35.921
Móstoles-4	18.868	22.531	22.108
Móstoles-5	953	1.306	16.547
SUMA	97.016	109.557	119.400

- ▼ Variación de la aceleración transversal en la transición, en casos excepcionales $< 0,20$ m/s³.
- ▼ Disposición de diagonales de talón de tangente 0,14 en las estaciones y lado de las mismas que ha indicado Metro de Madrid.
- ▼ Rampa de peralte $\leq 1,5$ mm/m, excepcionalmente 2,0 mm/m.

6. GEOTECNIA

Los terrenos por los que atraviesa la nueva línea de Metro pertenecen a las formaciones típicas de Madrid. Concretamente, en el tramo de Proyecto se localizan materiales detríticos, englobados dentro de la facies Madrid, procedentes de la erosión de los relieves graníticos y metamórficos de la Sierra de Guadarrama, producidos por arroyadas difusas, parcialmente cubiertos por otros de edad cuaternaria de origen coluvial y por rellenos antrópicos.

La investigación realizada, junto con los datos previos existentes, y el posterior análisis de gabinete, ha permitido establecer una distinción entre los diferentes materiales presentes en el terreno, aunque su agrupación en niveles o capas a lo largo de la traza presenta mayor dificultad, debido a los frecuentes cambios laterales de composición que presenta el Mioceno.

De acuerdo con las clasificaciones de suelos habituales en Madrid, se han distinguido cuatro tipos de materiales diferentes correspondientes al Terciario, además de los rellenos antrópicos cuaternarios y depósitos de origen aluvial. La denominación utilizada y los criterios de clasificación son los siguientes:

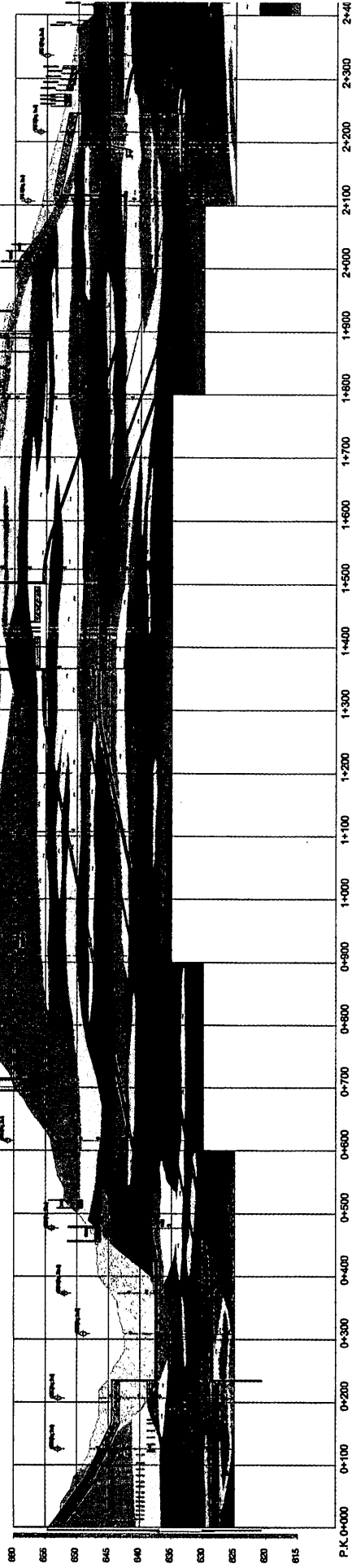
R	Rellenos
AL	Aluvial
AM	Arena de miga (finos $< 25\%$)
AT	Arena tosquizada ($25\% < \text{finos} < 40\%$)
TA	Tosco arenoso ($40\% < \text{finos} < 60\%$)
T	Tosco (finos $> 60\%$)

En el tramo objeto de proyecto se alternan los niveles arenosos con los arcillosos. Al inicio del mismo en el tramo II, hasta el entorno del PK 2+100 se localizan alternancias de toscos arenosos con arenas tosquizadas, entre este último punto y el PK

ESTACION MOSTOLES-1

ESTACION MOSTOLES-2

ESTACION MOSTOLES-3



P.K. 0+000 0+100 0+200 0+300 0+400 0+500 0+600 0+700 0+800 0+900 1+000 1+100 1+200 1+300 1+400 1+500 1+600 1+700 1+800 1+900 2+000 2+100 2+200 2+300 2+400

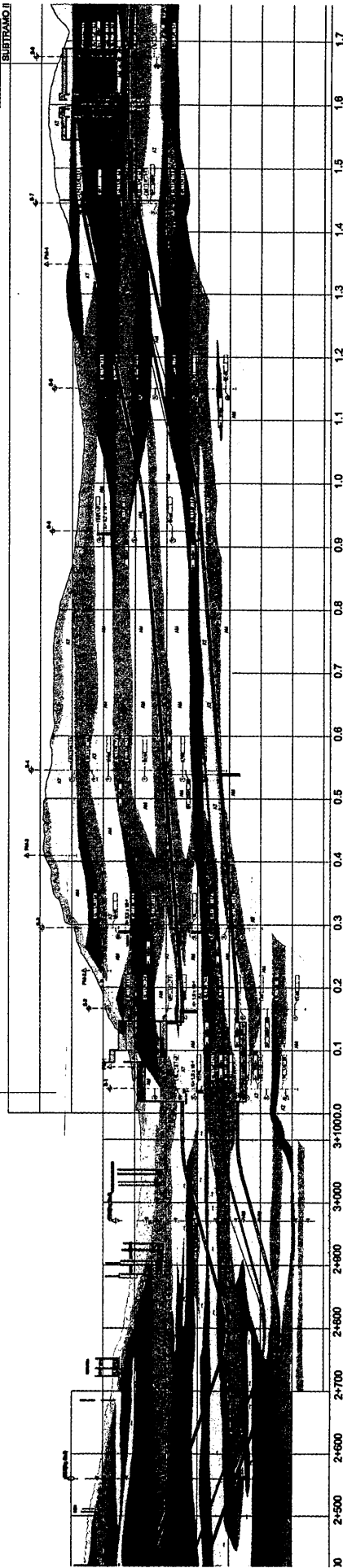
ESCALA HORIZONTAL 1/6000
ESCALA VERTICAL 1/600

ESTACION MOSTOLES-4

ESTACION MOSTOLES-5

TRAMO II TRAMO III

TRAMO IIA TRAMO IIB SUBTRAMO II

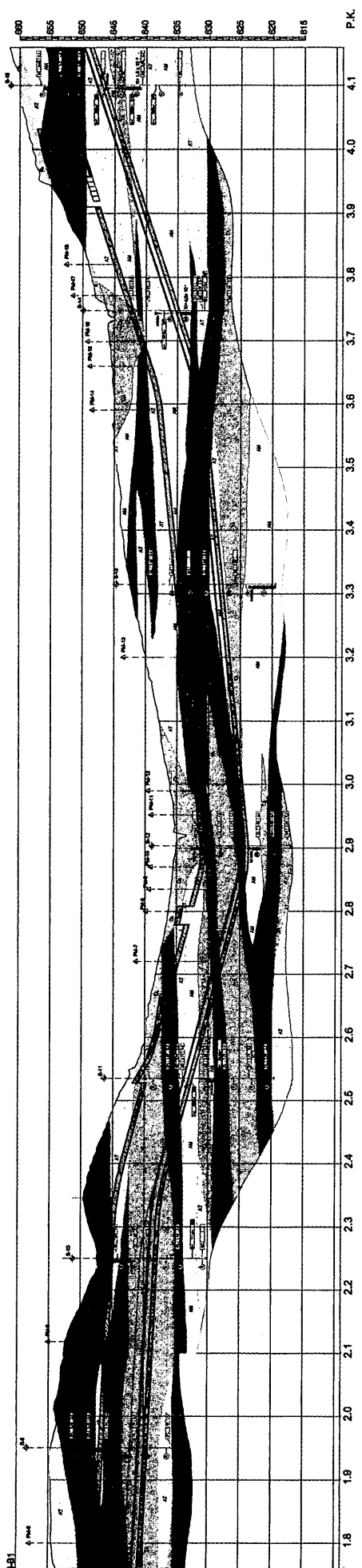


660 655 650 645 640 635 630 625 620 615

2+500 2+600 2+700 2+800 2+900 3+000 3+1000.0

ESCALA HORIZONTAL 1/6000
ESCALA VERTICAL 1/600

Perfil Geológico.



ESCALA HORIZONTAL 1/6000
 ESCALA VERTICAL 1/600

LEYENDA PERFIL GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LONGITUDINAL

RC	Reellenos compactados	S	Sondeo mecánico
R	Reellenos antrópicos sin compactar	P	Penetración dinámica
QA	Aluvial	SPT	Contacto litológico normal
AM	Arena de miga	ISC	[Compresión simple. (kp/cm²) Clasif. de Casagrande. / Densidad seca.(t/m³) / E1= Modulo presiométrico 1er ciclo. (MPa) E 2= Modulo presiométrico 2º ciclo (MPa) Permeabilidad (Ensayo Leifranc.) (cm/s)
AT	Arena tosqueira	NFA25m	Nivel Freatico
TA	Tosco arenoso	NFA50m	Ascenso artesiano
T	Tosco		

SPM-3 (Prov. 2m-1)	SONDEO MECANICO PROYECTADO.	SII-2	SONDEO MECANICO PROYECTO BASICO.
CONTACTO ENTRE CAPAS.		SPT	
SPT		ISC	
SPT		NFA25m	
SPT		NFA50m	

Perfil Geológico.

2+800 predominan los toscos. Entre el PK 2+800 del tramo II y el PK 1+100 del tramo III aparecen básicamente estratos de arena de miga con alternancias de arena tosquiza. Entre este último punto y el PK 3+100 se destaca la sucesión de niveles tosquizos y de tosco arenoso. En el tramo final del trazado predomina la alternancia de arenas de miga con arenas tosquizas. En superficie se han localizado rellenos antrópicos de hasta 8 m de espesor y suelos aluviales de hasta 5 m de potencia. Se han detectado numerosos niveles de agua, que quedan colgados sobre substratos inferiores más impermeables.

7. MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

Los métodos constructivos se diferencian en dos grandes grupos en función de la afección a superficie; los correspondientes a tramos subterráneos y los que se ejecutan a cielo abierto

TRAMOS SUBTERRÁNEOS

Corresponden, según los tramos de proyecto a:

- Tramo II: Túnel de línea
Galerías de unión entre pozos (Ventilación, emergencia o bombeo) y el túnel de línea
- Tramo III: Túnel de línea entre las estaciones Móstoles 4 y Móstoles 5.
Galerías de unión entre pozos y túnel entre las dos estaciones citadas.

Los procedimientos de ejecución son los siguientes:

- Túnel de línea: Escudo de presión de tierras
Galerías: Método Madrid

Escudo de presión de tierras

Para la perforación del túnel de línea, se considera la utilización de un **escudo o máquina tuneladora**, que es el método más seguro para operarios y edificios. Supone una máxima mecanización de la excavación y posterior revestimiento de la oquedad creada.

Se ejecuta con una máquina consistente básicamente en un gran disco frontal de perforación de diámetro igual al de excavación, sobre el que resaltan, en la cara que corresponde al frente, unos radios que portan las cuchillas de excavación. En el espacio entre éstos se dejan unos huecos a través de los cuales, al hacer girar el disco frontal sobre su eje a la vez que se le empuja contra el terreno, se retira el suelo excavado.

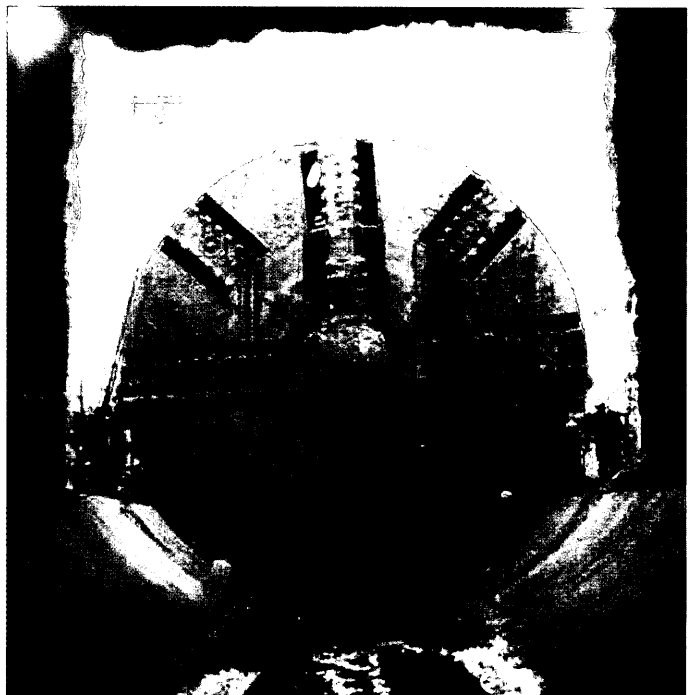
El citado disco arrastra a su vez una coraza metálica, al abrigo de la cual se monta el revestimiento definitivo del túnel, consistente en piezas prefabricadas de hormigón, que forman

anillos cilíndricos de 8,43 m de diámetro interior y 0,32 m de espesor. Estas se unen mediante tornillos y en la superficie de las juntas se colocan materiales impermeabilizantes.

El empuje de la cabeza del escudo, que arrastra a su vez la coraza, se genera mediante gatos apoyados en el último anillo de revestimiento colocado. Estas máquinas tienen la posibilidad de compensar los empujes del terreno y el posible agua en el frente mediante la creación de una cámara de presión en la zona de aporte de material de excavación y el uso de diferentes sistemas para compensar de una forma lo más eficiente posible las diferencias de empujes (lodos bentoníticos, espumas, etc.). La estabilidad del frente se consigue equilibrando el ritmo de excavación y extracción de suelo en la citada cámara de presión.

De una forma sintética el proceso es el siguiente:

- ▼ Montaje de la cabeza y coraza del escudo en un pozo entre pantallas creado al efecto o bien aprovechando la excavación para una estación o pozo de infraestructura.
- ▼ Creación de una estructura de empuje a la que se transmite el esfuerzo de unos gatos de avance de escudo hasta que el rozamiento entre los anillos colocados y el terreno es suficiente como para que deje de necesitarse.
- ▼ Excavación del terreno mediante las cuchillas del disco giratorio del frente, transmitiendo la fuerza de empuje contra el terreno desde el último anillo colocado, a través de gatos hidráulicos.
- ▼ Cuando se ha avanzado la excavación la longitud correspondiente a un anillo, los gatos de empuje se retraen se-



CUADRO 3.

Cilindros de propulsión:	26 cilindros de 320 mm de diámetro de pistón. Fuerza total de empuje 10.000 t, velocidad de avance 0-80 mm/m
Herramientas de corte	Rueda de corte de 148 dientes, discos dobles de 17 " y 2 copy cutter
Accionamiento rueda corte	2,4 r.p.m Par 16.000 kNm. Par inicial de arranque 20.000kNm. Potencia instalada 2.000 kW. Diámetro rodamiento 4.950 mm.
Instalación eléctrica	Alimentación en 15 kV. Potencia instalada 3.750 kVA
Sistema de guiado	Electrónico laser Leika
Sistema de extracción	Transportador sinfin helicoidal de diámetro exterior 1.000 mm. Capacidad de transporte 663
Sistema de inyección de mortero	m ³ /h. Cintas transportadoras de 1.200 mm de ancho con capacidad de 1.200 m ³ /h 4 conductos dobles de inyección entre dovela y terreno (5,6 m ³ /m)

cuencialmente a la vez que se van colocando las dovelas de revestimiento.

▼ Se excava de nuevo transmitiendo la carga a la cabeza a través de los gatos que se han ido apoyando en las sucesivas dovelas colocadas en el último anillo. Inyección entre el terreno y el revestimiento anular de dovelas, entre el último tramo inyectado y la parte final de la coraza, donde se sitúan los cepillos de sellado.

▼ Repetición de la secuencia de excavación, colocación de anillos de piezas e inyección.

La tuneladora que realizará parte de la obra de infraestructura ya ha trabajado en la anterior ampliación del Metro de Madrid, así como para el eje de acceso a Alcobendas que explotará Renfe. Con la experiencia de las mismas, se pueden esperar unos 20 m/día de rendimiento, si bien ha llegado a alcanzar hasta 42 m en un día y 850 m en un mes. Las principales características se resumen en el Cuadro 3.

Método Madrid

Este método se utilizará para ejecutar los cañones de comunicación del túnel de línea con los pozos de ventilación, de bombeo y salidas de emergencia.

El llamado "método Madrid", ampliamente experimentando en la construcción de la infraestructura ya en servicio en la red del Metro de Madrid. Es un método en el que el avance de la excavación se ajusta con gran versatilidad a las condiciones del terreno y en el que se utilizan tablonés de madera como sostenimiento provisional.

El proceso de ejecución es el siguiente:

▼ Excavación de una galería auxiliar de avance en clave del túnel o galería, previa ejecución de los taladros de control del terreno por delante del frente, revistiendo provisionalmente con tablas y puntales de madera, así como con longarinas metálicas.

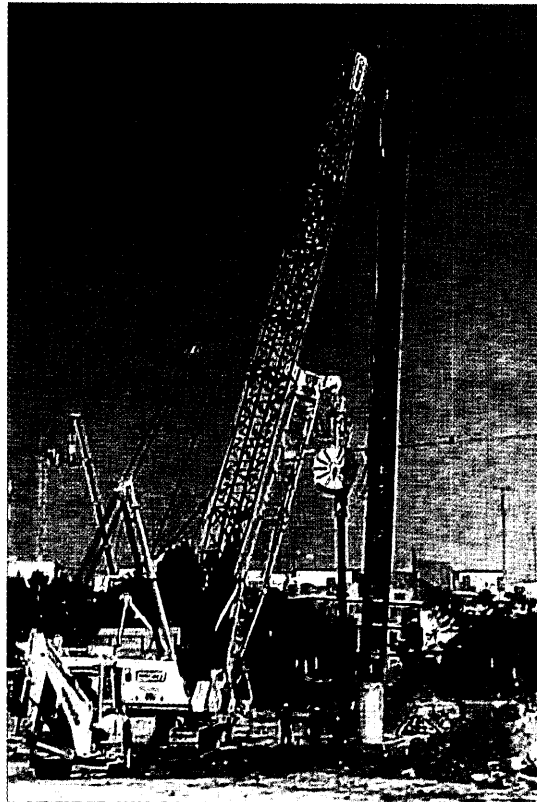
▼ Ensanche lateral de la galería de avance hasta excavar la sección completa de la bóveda, revistiendo también con tablas.

▼ Cimbrado y hormigonado de la bóveda.

▼ Excavación en destroza con cierto desfase respecto a la sección de avance.

▼ Excavación y hormigonado de los hastiales por bataches contrapeados y situados de forma que soporten dos semianillos contiguos de bóveda.

▼ Excavación y hormigonado de la contrabóveda.



En función de las condiciones de ejecución de la excavación y del sostenimiento provisional se diseña la inyección del contacto del revestimiento con el terreno

TRAMOS A CIELO ABIERTO

Corresponden, según los tramos de proyecto a:

- Tramo II: Estaciones
Móstoles 1,
Móstoles 2
y Móstoles 3.
- Tramo III: Estaciones Móstoles 4 y Móstoles 5
Túnel de línea desde el PK

1+440 hasta el final.

Los procedimientos de ejecución previstos en tramos a cielo abierto son los siguientes:

- Estaciones: Entre pantallas por el sistema
ascendente-descendente
Mediante vaciado previo
hasta cimentación
- Túnel de línea: Entre pantallas
En falso túnel

Estaciones entre pantallas por el sistema ascendente-descendente

Las estaciones **Móstoles 1, 2, 3 y 4** son del tipo ya convencional en Madrid, un gran recinto configurado por pantallas y losas, con un ensanchamiento en un extremo, correspondiente al vestíbulo de acceso y los bloques de escaleras desde este a los andenes, en el resto la anchura se limita a la necesaria para alojar la caja de vías y los andenes.

Las fases de construcción previstas son:

- ▼ Formación de plataformas de trabajo, desvío de servicios, replanteo y ejecución de muretes guía.
- ▼ Excavación y hormigonado de pantallas y pilas-pilote.
- ▼ Preparación de la superficie de apoyo, ferralla y hormigonado de losas de cubierta.
- ▼ Restitución de la superficie al uso urbano. Ejecución de la rampa de trabajo a nivel de vestíbulo.
- ▼ Excavación interior hasta cota de apoyo de las losas de vestíbulo.
- ▼ Hormigonado de losas de vestíbulo y estampidores.
- ▼ Progreso de la excavación en la rampa e interior hasta cota de contrabóveda.
- ▼ Ferralla y hormigonado de la contrabóveda.
- ▼ Preparación del paso de la tuneladora.
- ▼ Construcción de estructuras interiores. Escaleras de emergencia y andenes.

- ▼ Albañilería e instalaciones. Tras el paso de la tuneladora, tendido de vías y acabados de andén.

Estaciones ejecutadas con vaciado previo hasta cimentación

Se empleará este sistema de ejecución en la estación **Móstoles 5**, las fases de construcción serán:

- ▼ Excavación hasta cota inferior de solera
- ▼ Hormigonado de la losa de solera
- ▼ Ejecución de muros laterales
- ▼ Cimbrado y hormigonado de la cubierta
- ▼ Relleno de tierras hasta cota de terreno natural.

Como se ve, el método es totalmente inverso al utilizado en las otras estaciones.

Túnel entre pantallas

El túnel a cielo abierto entre pantallas se ejecutará según las siguientes fases:

- ▼ Realización de las pantallas que constituirán el hastial del túnel
- ▼ Ejecución de la losa de cubierta encofrada contra el terreno y que apoyará sobre las pantallas.
- ▼ Excavación entre pantallas bajo cubierta hasta nivel intermedio de acodalamiento.
- ▼ Ejecución del nivel intermedio de acorralamiento mediante estampidores o losa.
- ▼ Excavación entre las pantallas hasta el apoyo de la contrabóveda.
- ▼ Hormigonado de la contrabóveda

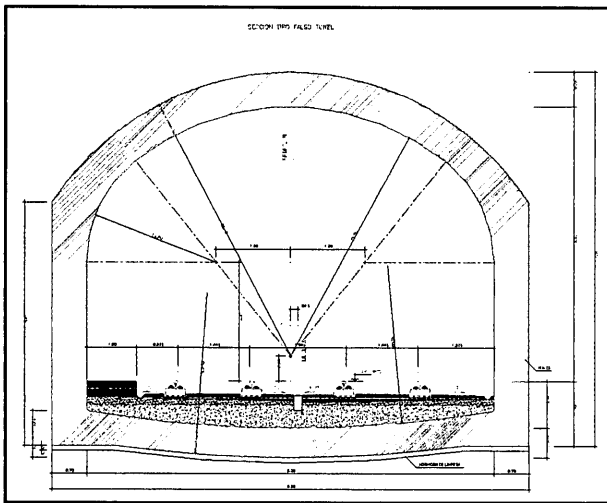
Dependiendo de la profundidad de la rasante, puede no ser necesario el acodalamiento intermedio.

Falso túnel

El falso túnel se realizará según las siguientes fases:

- ▼ Excavación hasta cota inferior de solera
- ▼ Hormigonado de losa de solera
- ▼ Ejecución de hastiales del túnel
- ▼ Cimbrado y hormigonado de la bóveda
- ▼ Relleno de tierras hasta cota de terreno natural

Además, también se realizarán a cielo abierto los pozos de ventilación interestación, los de bombeo y los correspondientes a salidas de emergencia, bien entre pantallas o bien por el método tradicional, en el que se van hormigonando conforme se excava anillos horizontales de unos dos metros de altura.



El procedimiento constructivo para el entronque con cocheras del final del tramo III es muy similar al de una estación de Metro, mediante un recinto entre pantallas de anchura variable que conforma la embocadura a los ramales de conexión, empleando el sistema ascendente descendente.

8. UNIDADES DE OBRA REPRESENTATIVAS

Se adjunta a en el cuadro 4 una lista de las unidades de obra más representativas. ■

FICHA TÉCNICA

PROMOTOR	CONSEJERÍA DE OBRAS PÚBLICAS, URBANISMO Y TRANSPORTES COMUNIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
AUTOR DEL PROYECTO	EUROESTUDIOS-AEPO
DIRECCIÓN DE LAS OBRAS	Jesús Trabada Guijarro, Jefe del Servicio de Proyectos Mercedes Lera Vela, Ingeniera de Caminos Fernando Sanz Pecharromán, Ingeniero Técnico de Obras Públicas
ASESOR GEOTÉCNICO	José María Rodríguez Ortiz, Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Madrid
EMPRESA CONSTRUCTORA	FOMENTO DE CONSTRUCCIONES Y CONTRATAS: Ricardo Gil Edo, Subdelegado Juan Girón Garrido, Jefe de Obra Juan Manuel Inclán Hernández, Oficina Técnica
ASISTENCIA TÉCNICA	TYPSA: Jorge García Pérez, Ingeniero de Caminos EUROESTUDIOS: Ahmed El Khadri Mohamed, Ingeniero de Caminos
CONTROL DE CALIDAD	SGS TECNOS EUROESTUDIOS
PRESUPUESTO	25.568.847.403,-ptas.
PLAZO	30 MESES

CUADRO 4

	UNIDAD	MEDICIÓN	MEDICIÓN TOTAL
m	Longitud total	Tuneladora EPB .....3.959 Falso túnel.....2.576	
		Estaciones .....777	7.312
Kg	Acero de armar	Pantallas y pilotes .....5.617.000 Dovelas de túnel .....2.618.000 Resto de obra .....12.024.000	20.259.000
m³	Excavación	Pantallas y pilotes .....64.719 Tuneladora EPB .....270.089 Túnel a cielo abierto.....932.454 Estaciones entre pantallas.....301.996	1.569.258
m³	Hormigón	Pantallas y pilotes .....64.719 Dovelas de túnel .....34.825 Resto hormigones.....154.127	253.671
m	Carril 54 Kg/m	.....31.328	31.328
Ud	Taco elástico para 12,5 Tn	.....34.928	34.928
m²	Panel tipo vitrex en revestimiento paramentos Verticales estaciones	.....4.174	4.174
m²	Panel de ittalfilm en revestimiento paramentos Verticales estaciones	.....14.447	14.447
m²	Pavimentos en vestíbulos y andenes	.....21.552	21.552