

# AMPLIACIÓN DE LA RED DE METRO A LOS RECINTOS FERIALES Y EL AEROPUERTO

Ildefonso P. de Matías Jiménez.

Ingeniero Aeronáutico.

*Jefe de Servicio. Coordinación de la Ampliación de la Red Metro de Madrid, S.A.*

## RESUMEN

*Los proyectos de ampliación de la Red del Metro de Madrid a los Recintos Feriales y el Aeropuerto de Barajas constituyen parte de la que se denominará nueva Línea 8. Esta línea, que unirá en un futuro próximo el centro de Madrid con el Aeropuerto, presenta dos aspectos singulares con respecto al resto de la Red. El primero de ellos es que su objetivo fundamental es comunicar la ciudad con dos puntos estratégicos como son los Recintos Feriales y el Aeropuerto. El segundo es que permitirá velocidades de explotación muy superiores a la media del Metro, reduciendo de forma considerable el tiempo de acceso a las zonas mencionadas.*

## ABSTRACT

*The prolongation of the metro to the Trade Fair precincts and to Barajas airport forms a part of the "New Line 8". This line will have two special features: it will take passengers from the city centre to two important points - the Trade Fair and the airport - and because of the route projected and the extra distance between stations, it will save a lot of time.*

## ANTECEDENTES

La ampliación de la red de Metro a los Recintos Feriales figuraba en el Plan de Infraestructuras del Gobierno Regional de Madrid, apoyándose en la prolongación de la línea 4. El desarrollo del proyecto del Ramal a los Recintos y los estudios de transporte posteriores pusieron de manifiesto la necesidad inmediata de ejecutar la prolongación desde los Recintos Feriales hasta el Aeropuerto. Si como parece evidente se construye en un futuro próximo la penetración al centro de Madrid desde la estación de Mar de Cristal, se acabará de configurar la línea de Metro que unirá rápida y eficazmente la ciudad con el Aeropuerto pasando por una zona de alto valor estratégico como son los Recintos Feriales.

En el presente artículo se ha respetado la identidad de los dos proyectos en ejecución para mayor claridad en la exposición de los mismos.

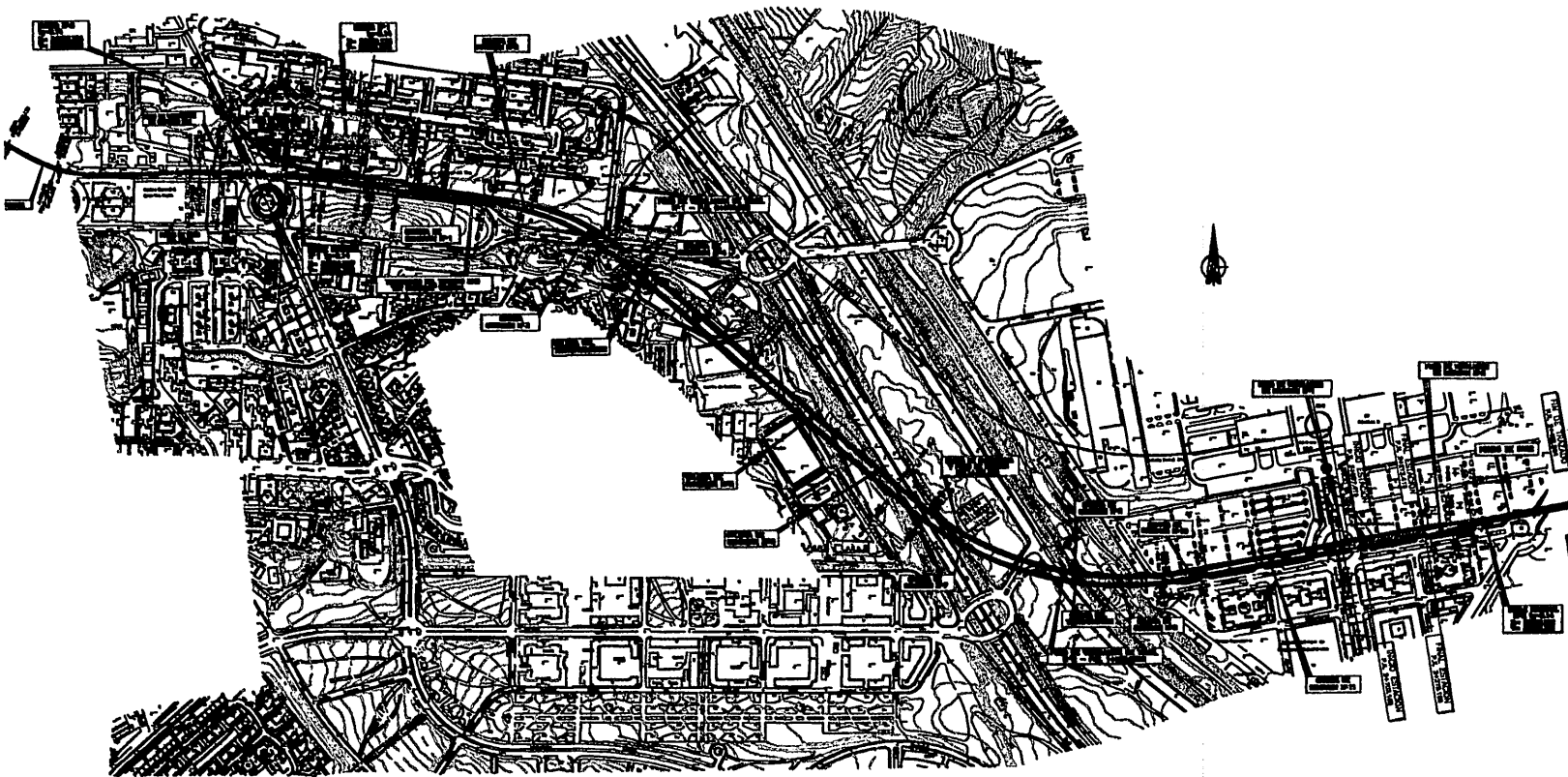
## TRAMO MAR DE CRISTAL-RECINTOS FERIALES

### INTRODUCCIÓN

La ampliación del servicio de Metro hasta los Recintos Feriales se justifica tanto por el hecho de que en dicha zona se está desarrollando uno de los centros estratégicos más importantes no solo en el ámbito municipal sino a nivel regional e incluso nacional, como porque formará parte de la nueva línea de Metro que permitirá el acceso directo desde el centro de Madrid hasta el Aeropuerto de Barajas.

Junto al polo de actividad que representan los Recintos Feriales, se sitúan otras actividades importantes dotacionales y terciarias que refuerzan el potencial estratégico de la zona y suponen el nexo de unión entre la ciudad y otra gran actuación como es la Ciudad Aeroportuaria.

*Se admiten comentarios a este artículo, que deberán ser remitidos a la Redacción de la ROP antes del 30 de enero de 1998.*



*Trazado en planta de la ampliación de la red de metro a recintos feriales*

## EL ÁREA DE ESTUDIO

La zona a la que se pretende dotar de servicio de Metro esta constituida por tres unidades espaciales que son los Recintos Feriales, el Campo de las Naciones y el Parque Juan Carlos I.

Los Recintos Feriales tienen en la actualidad una superficie neta dedicada a expositores de cerca de 500.000 m<sup>2</sup>. En ellos se realizan anualmente más de 30 ferias con una asistencia que se aproxima a los 3 millones de personas. Estas ferias mantienen abierta las instalaciones durante unos 170 días al año.

El Campo de las Naciones ocupa un área de unos 50.000 m<sup>2</sup> sobre los que se ubican diferentes empresas, hoteles y el Palacio Municipal de Congresos. El número total de puestos de trabajo en esta zona sobrepasa los 7.000.

El Parque Juan Carlos I ocupa una extensión de 220 Ha. y además de su uso fundamental de esparcimiento en zona verde, tiene otras actividades de ocio como son los espectáculos que se ofrecen en el anfiteatro, espectáculos de luz y sonido, etc.

Otros puntos singulares en el entorno son el Segundo Área de Acompañamiento de los Recintos, que con más de 120.000 m<sup>2</sup> se desarrolla entre estos y la M-40, y la Ciudad Aeroportuaria que se encuentra actualmente en fase de diseño por parte de las Administraciones competentes.

## EL ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

En una primera fase se evaluaron los diferentes medios de transporte que teniendo plataforma propia, podrían resolver de forma eficaz el problema. Se analizaron soluciones aéreas, con material móvil colgado y apoyado, que finalmente fueron desechadas frente a la solución mediante Metro por razones de flexibilidad e integración en el transporte público existente.

Elegido el Metro como el sistema de transporte a implantar, es evidente que la optimización de captación de la demanda pasaba por integrar lo más eficazmente posible el Ramal dentro de la Red de Metro.

En el análisis de las posibles alternativas se tuvo muy en cuenta que la funcionalidad del nuevo tramo dependía sustancialmente de los proyectos de ampliación del nuevo tramo a partir de sus extremos. En lo que a estos respecta, la prolongación hacia el Aeropuerto está en fase avanzada de Proyecto mientras que la penetración hacia el centro de Madrid está en fase de estudio por el Consorcio Regional de Transportes. Por tanto se puede concluir que el Ramal nace con una vocación clara de convertirse en una nueva e importante línea de Metro.

Analizadas las distintas alternativas se escogió como la más conveniente la que enlaza con la línea 4 en la estación de Mar de Cristal, en la plaza del mismo nombre, situando la nue-

va estación que da servicio a los Recintos, denominada Campo de las Naciones, en la Av. del Partenón, en el punto de confluencia de la Av. de la Capital de España. La traza, totalmente en túnel y con una progresión en sentido oeste-este queda conformada, en esencia por dos tramos casi totalmente rectos a uno y otro lado de la M-40 unidos por un tramo intermedio que cruza a este importante vial en diagonal.

### EL PROYECTO CONSTRUCTIVO

Definida la alternativa a desarrollar, se analizaron las distintas posibilidades de ejecución del túnel. Con el fin de garantizar un plazo de ejecución reducido se optó por la solución de túneles de vía simple ya que ello admitiría la utilización de diversas tuneladoras disponibles en el mercado internacional con diámetros entre 6 y 7 metros de excavación. Esta decisión ha permitido eliminar del plan de obra el tiempo necesario para la construcción de las máquinas.

El trazado desarrollado tiene los condicionantes siguientes:

▼ La explotación del tramo en ramal durante un primer periodo obliga a establecer una conexión entre éste y la línea 4 para que las unidades que lo sirvan, necesariamente de gálibo estrecho durante este período, puedan ser llevadas a las instalaciones de mantenimiento de Metro. Esta conexión se consigue mediante un túnel que comunica ambas líneas, lo que exige además la construcción de dos telescopios de unión.

▼ Así mismo por razones de explotación es necesario disponer de fondos de saco con aparatos de vía en ambos extremos del trazado tanto para permitir las maniobras durante la explotación como para el estacionamiento de unidades

▼ La ubicación de una estación de correspondencia en Mar de Cristal condiciona la primera alineación por la conexión que hay que establecer entre los andenes de la estación de la línea 4 y del ramal. La posición de esta estación y la ejecución previa de elementos estructurales comunes han sido datos de partida para el desarrollo del proyecto.

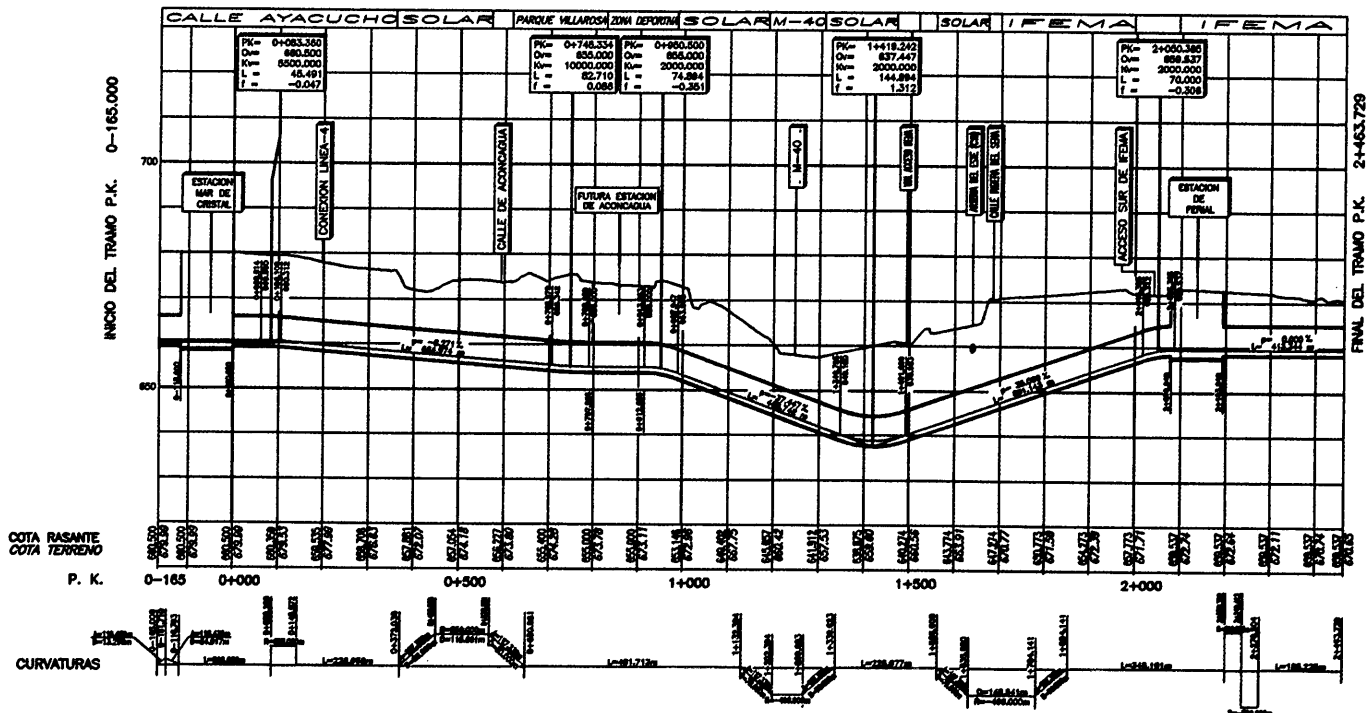
▼ El paso bajo solares edificables en la zona del Área de Acompañamiento, obliga a un perfil que evite crear afectaciones al posterior desarrollo de las zonas afectadas.

### GEOLOGÍA Y GEOTECNIA

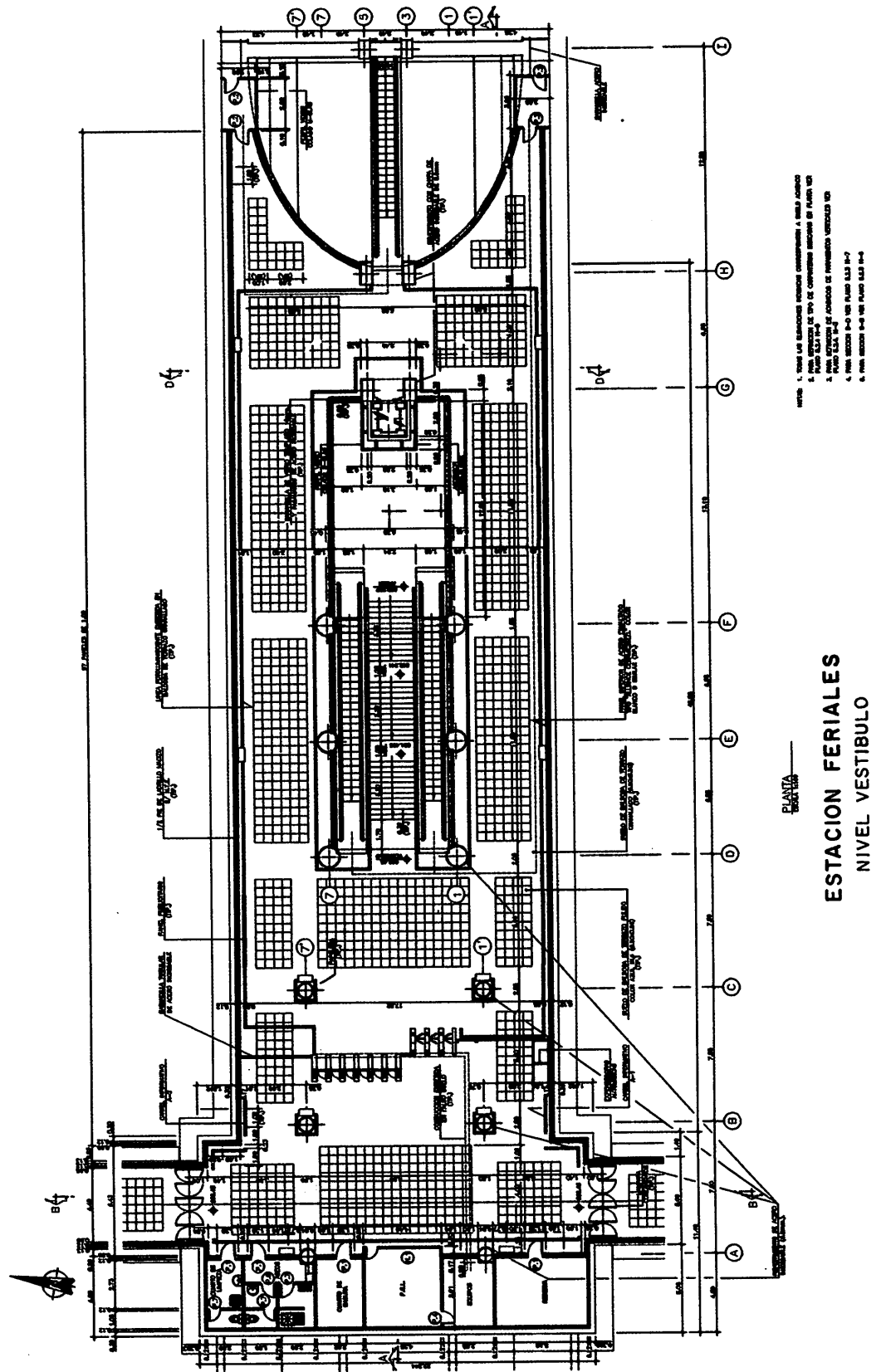
Los materiales que se atraviesan en el trazado corresponden fundamentalmente a arenas de miga, arenas tosquizas y tosco arenoso.

Existen rellenos antrópicos superficiales en todo el trazado, con espesores muy variables, entre 1 y 6 m. En la parte inicial recubren el aluvial del arroyo que cruzaba la Glorieta de Mar de Cristal y en el paso de la M-40 el aluvial del antiguo Arroyo del Quinto.

*Perfil longitudinal de la ampliación de metro a recintos feriales.*



Planta a nivel de  
vestíbulo de la estación  
de Campo de las  
Naciones.





*Pantallas y Pilas-pilote en la estación de Mar de Cristal del ramal a recintos feriales.*

## TRAZADO

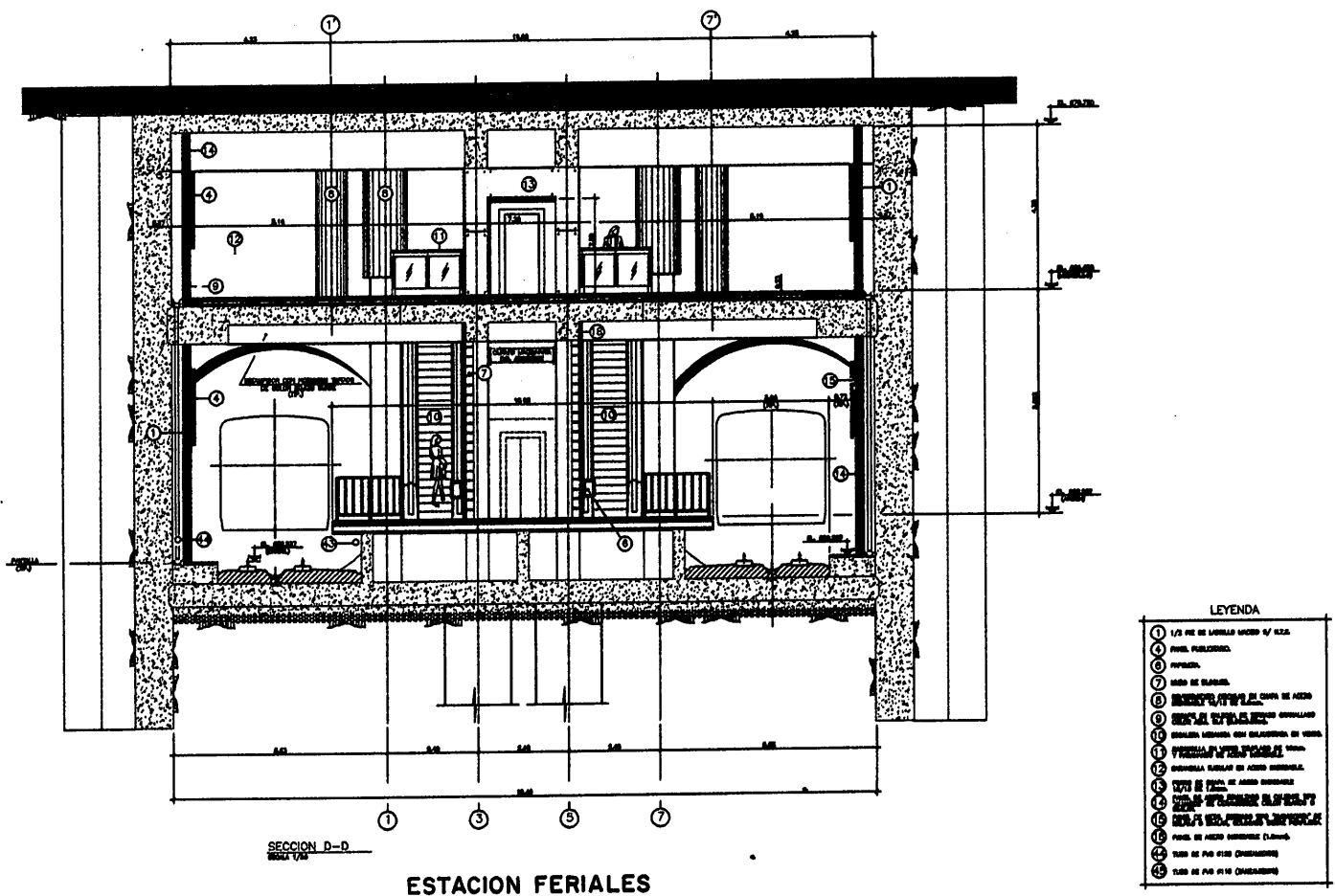
El trazado en planta comienza bajo la c/ Ayacucho, unos 100 m antes de su confluencia con la plaza de Mar de Cristal, donde se sitúa la estación de correspondencia con la de la línea 4. Pasada la estación la traza sigue sensiblemente la alineación de la c/ Ayacucho bajo la que se sitúa un primer tramo de túnel para vía doble de 35 m y un telescopio de 92 m. A la salida de este comienzan los túneles de vía simple, con un desarrollo aproximado de 1955 m y una traza en planta con forma de Z para alcanzar la alineación de la Av. del Partenón, ya dentro de los Recintos Feriales, después de pasar bajo la M-40, el Área de acompañamiento y la línea de Enlaces Ferroviarios de RENFE. La traza termina con un tramo recto de 330m, los primeros de ellos ocupados por el ámbito de la estación del Campo de las Naciones. El recubrimiento de la traza es superior a los 10m sobre la clave de los túneles excepto en la parte final del trazado en que se reduce a 5m.

## MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

Los tramos de túnel de vía doble, unos 90 m en total, situados al principio y final de la estación de Mar de Cristal, se construyen por el Método Tradicional de Madrid. Los telesco-

pios, las estaciones y el fondo de saco de la estación del Campo de las Naciones se construyen con pantallas. El resto de la longitud de túnel de vía simple, incluyendo el túnel de conexión con la línea 4, se excavan con dos escudos de presión de tierras (Earth Pressure Balanced Shield). La tuneladora de mayor diámetro, construida por la empresa canadiense Lovat y bautizada con el nombre de "Cibeles", esta excavando el túnel norte y el tunelillo de unión con la línea 4, mientras que la de menor diámetro, fabricada en Alemania por Herrenknecht y llamada "Puerta del Sol", excava el túnel sur.

El túnel norte se forma mediante anillos compuestos por siete dovelas, con posición fija de la pieza llave en clave, y con un ancho de 1,20 m y un espesor de 25 cm. Con el fin de ajustar la estructura del túnel a las curvas de la traza se dispone de dos juegos de moldes para dovelas (a izquierdas y derechas) que se diferencian en el ángulo que forma una de las caras del anillo con la siguiente. El túnel sur se forma con anillos universales de siete dovelas en las que la clave puede quedar situada en cualquier posición de la sección. El túnel se ajusta a la traza teórica mediante el giro de posición del anillo de dovelas. El ancho del anillo es de 1,20 m y el espesor de las dovelas de 27 cm. La progresión de la excavación se realiza desde Campo de las Naciones hacia Mar de Cristal, partiendo de un pozo de ataque común para las dos máquinas situado en el recinto



*Sección transversal de la estación Campo de las Naciones.*

de pantallas de la estación. Los túneles siguen paralelos el mismo perfil longitudinal, con una separación entre ellos que oscila entre 4 y 10 m

**ESTACIONES**

La estación de Mar de Cristal se sitúa por debajo de la línea 4 y tiene una longitud de 115 m con doble andén, adecuada para una explotación futura con trenes de gálibo ancho. La conexión con el nivel superior correspondiente a la línea 4 se consigue con cuatro tiros de escaleras, 2 por andén, que conectan con ambos sentidos de servicio de la línea 4, y cuatro ascensores que resuelven verticalmente las mismas conexiones quedando así la estación con accesibilidad completa para personas con movilidad reducida.

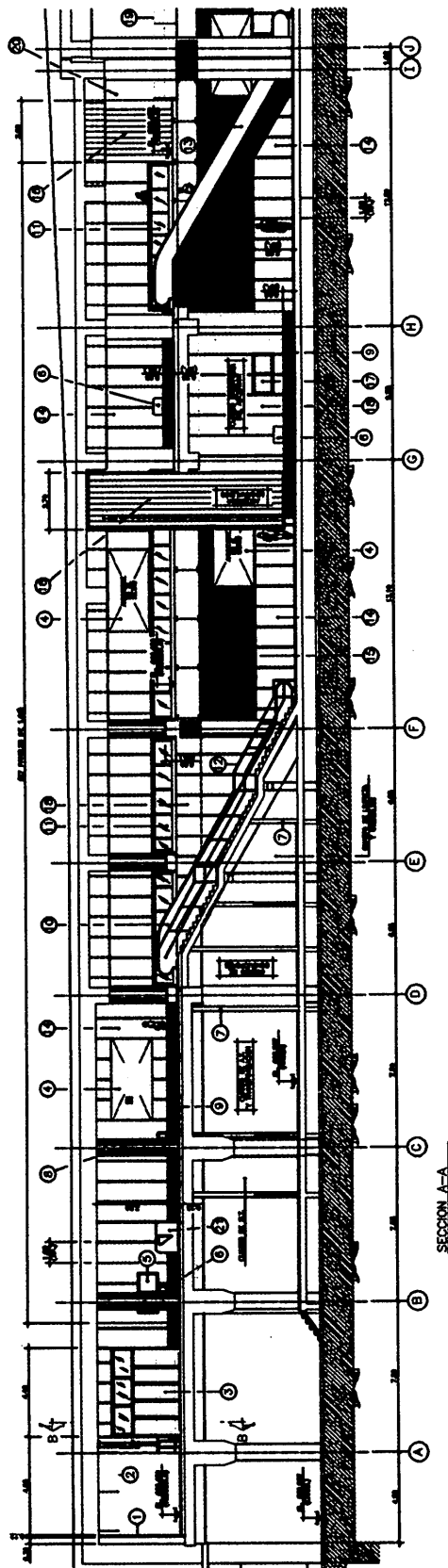
La estación de Campo de las Naciones se ha desarrollado soterrada a lo largo de la avenida del Partenón, a la altura de la glorieta con la avenida Capital de España. Espacialmente el recinto interior ha sido resuelto en dos niveles, vestíbulo y andén central. Se plantea la separación entre distintos destinos, Campo de las Naciones, por un lado, y Recintos Feriales, por otro. Este condicionante ha sido considerado en el diseño de la estación así como la elevada demanda de usuarios estimada en los períodos en que se encuentran abiertos los Recintos. El andén se sitúa a 10.7 metros bajo rasante.

El recinto de la estación tiene una longitud de 275.80 m, con una anchura en cabecera de 22. m necesarios para crear un espacio donde extraer o instalar la tuneladora. Los primeros 115 m serán ocupados por andenes mientras que en el resto se situaran cuartos técnicos. La conexión entre niveles se resuelve mediante escaleras mecánicas y ascensores



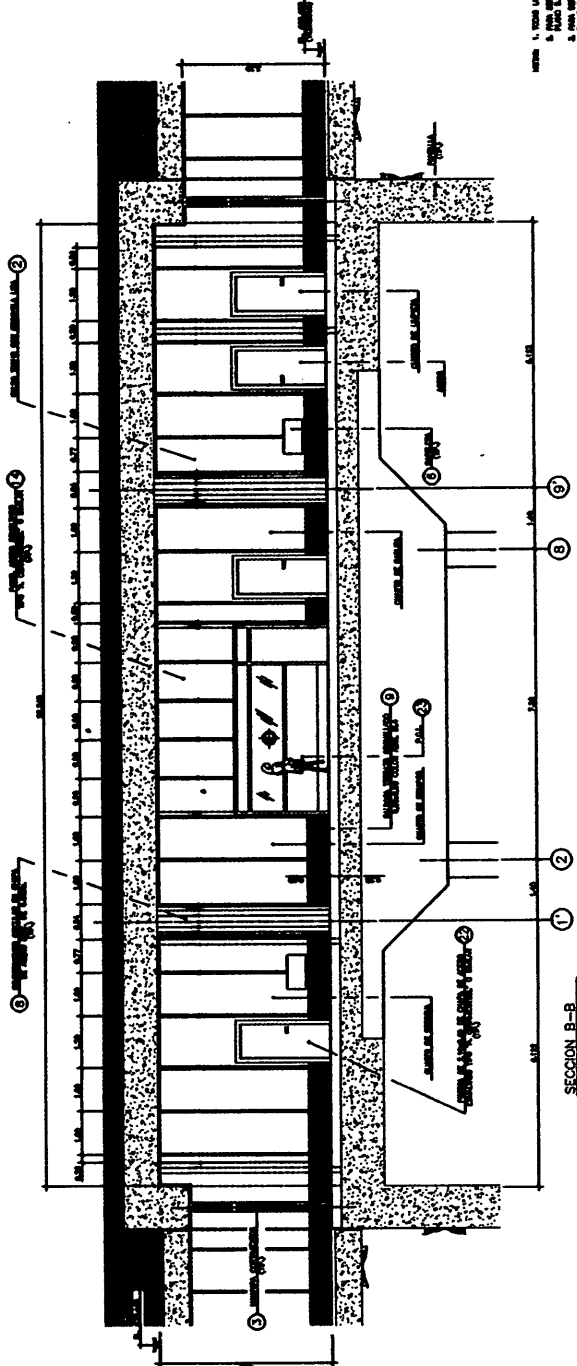
*Interior del túnel, con la dovelas de revestimiento, excavado por "Cibeles". A la izda. recinto de la estación de Camp de las Naciones visto desde el interior del túnel excavado por "Cibeles".*

**Secciones longitudinales de la estación de Campo de las Naciones.**



**LEYENDA**

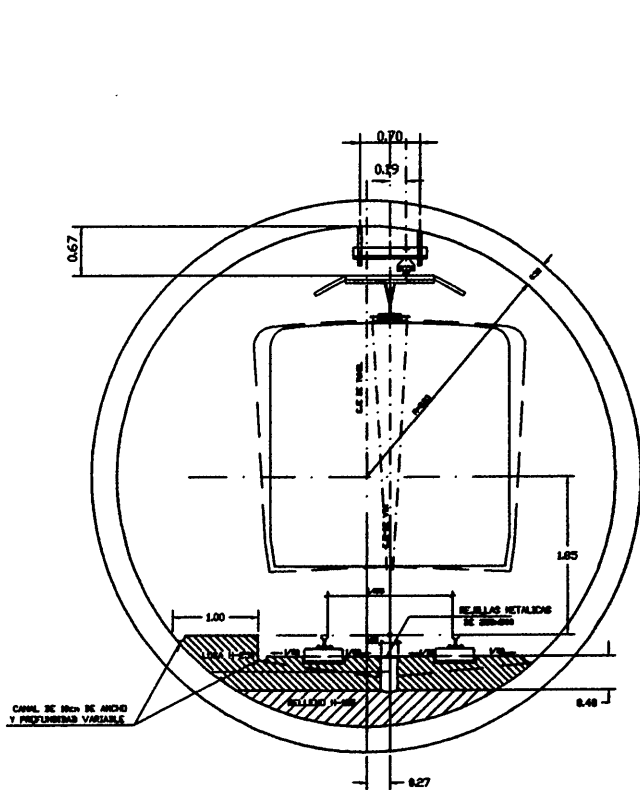
1	VIA DE LANTERNA INTERIORES Y VIALS
2	PLATAFORMA DE PASAJEROS
3	ESTACION DE PASAJEROS
4	ESTACION DE PASAJEROS
5	ESTACION DE PASAJEROS
6	ESTACION DE PASAJEROS
7	ESTACION DE PASAJEROS
8	ESTACION DE PASAJEROS
9	ESTACION DE PASAJEROS
10	ESTACION DE PASAJEROS
11	ESTACION DE PASAJEROS
12	ESTACION DE PASAJEROS
13	ESTACION DE PASAJEROS
14	ESTACION DE PASAJEROS
15	ESTACION DE PASAJEROS
16	ESTACION DE PASAJEROS
17	ESTACION DE PASAJEROS
18	ESTACION DE PASAJEROS
19	ESTACION DE PASAJEROS
20	ESTACION DE PASAJEROS
21	ESTACION DE PASAJEROS
22	ESTACION DE PASAJEROS
23	ESTACION DE PASAJEROS
24	ESTACION DE PASAJEROS
25	ESTACION DE PASAJEROS
26	ESTACION DE PASAJEROS
27	ESTACION DE PASAJEROS
28	ESTACION DE PASAJEROS
29	ESTACION DE PASAJEROS
30	ESTACION DE PASAJEROS
31	ESTACION DE PASAJEROS
32	ESTACION DE PASAJEROS
33	ESTACION DE PASAJEROS
34	ESTACION DE PASAJEROS
35	ESTACION DE PASAJEROS
36	ESTACION DE PASAJEROS
37	ESTACION DE PASAJEROS
38	ESTACION DE PASAJEROS
39	ESTACION DE PASAJEROS
40	ESTACION DE PASAJEROS
41	ESTACION DE PASAJEROS
42	ESTACION DE PASAJEROS
43	ESTACION DE PASAJEROS
44	ESTACION DE PASAJEROS
45	ESTACION DE PASAJEROS
46	ESTACION DE PASAJEROS
47	ESTACION DE PASAJEROS
48	ESTACION DE PASAJEROS
49	ESTACION DE PASAJEROS
50	ESTACION DE PASAJEROS



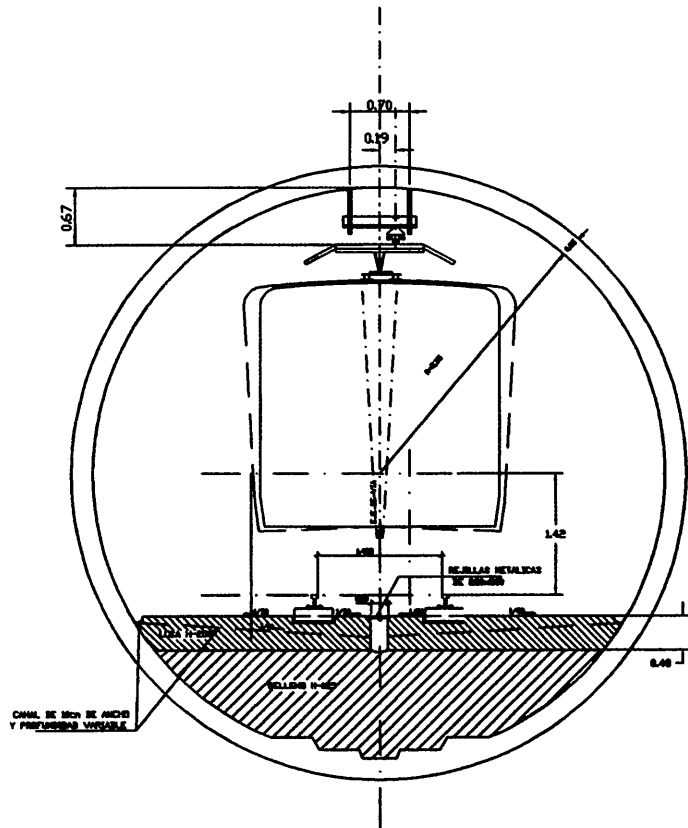
NOTA: 1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN COMPARTIMENTADAS A MENOS QUE SE INDIQUE LO CONTRARIO.  
 2. LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS DE CONCRETO SE DAN EN METROS.  
 3. LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS DE ACERO SE DAN EN MILIMETROS.

**ESTACION FERIALES**





SECCION EN RECTA-VIA DERECHA



SECCION EN RECTA-VIA IZQUIERDA

### EL PROYECTO EN CIFRAS

LONGITUD TOTAL .....	2.600 m
ESTACIONES .....	2
EXCAVACIÓN.....	334.195 m <sup>3</sup>
HORMIGÓN .....	72.063 m <sup>3</sup>
PANTALLAS .....	31.835 m <sup>2</sup>
TÚNEL CON ESCUDO .....	3.914 m
ACERO .....	7.221 Tons.
PRESUPUESTO DEL PROYECTO .....	8.997 Mptas.
PLAZO DE EJECUCIÓN.....	13 meses

### TRAMO RECINTOS FERIALES-AEROPUERTO

#### INTRODUCCIÓN

La construcción de la prolongación de la línea 4 al barrio de Hortaleza y del Ramal a los Recintos Feriales ha acercado la red de Metro de forma tan sustancial a los terrenos del Aeropuerto, que una prolongación de dicho Ramal hasta este último aparecía como un objetivo prioritario a alcanzar.

Existen numerosos estudios desarrollados por las diferentes Administraciones sobre la necesidad de unir el centro de la

#### Secciones transversales de los dos túneles.

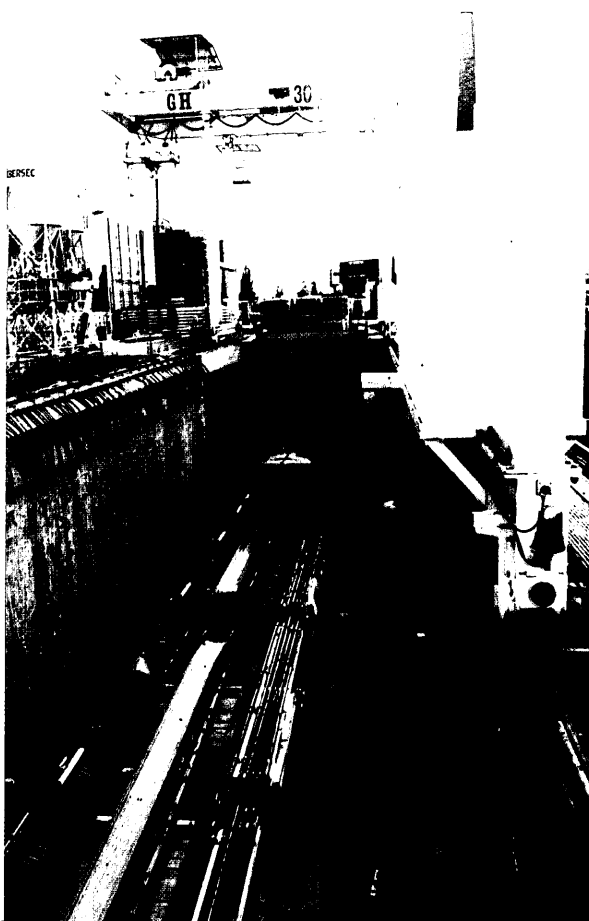
ciudad con las instalaciones del Aeropuerto mediante una solución ferroviaria para mejorar su accesibilidad. La Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes encargó a finales del año 1996 al Consorcio Regional de Transporte el estudio de viabilidad de la prolongación del Metro desde los Recintos Feriales hasta las terminales actuales del Aeropuerto.

#### ALTERNATIVAS

El estudio, que finalizó en Abril de 1997, analizó dos alternativas:

- ▼ La alternativa Norte, con acceso a los terminales por el norte, donde termina la línea, quedando Barajas Pueblo como estación intermedia.
- ▼ La alternativa Sur, con un trazado que establece una penetración en el área aeroportuaria por el sur, con una estación intermedia para el Aeropuerto y final de línea en la estación de Barajas Pueblo.

En este estudio, la alternativa Sur fue finalmente considerada como la más adecuada desde el punto de vista de servicio a las terminales de pasajeros del aeropuerto. Dicha alternativa



*Columnas y abacos en la estación de Campo de las Naciones. A la derecha, posición de back-up de "Puerta del Sol" en el pozo de Campo de las Naciones al iniciarse la excavación del túnel sur.*

prevé una longitud total de trazado de 5,6 km. y unos tráficos en la prolongación del ramal de 25.000 pasajeros diarios para el año 2001.

Es por tanto esta alternativa sur la que esta sirviendo de base para redactar el Proyecto de construcción que en estos momentos está en su última fase de ejecución.

#### PROYECTO CONSTRUCTIVO

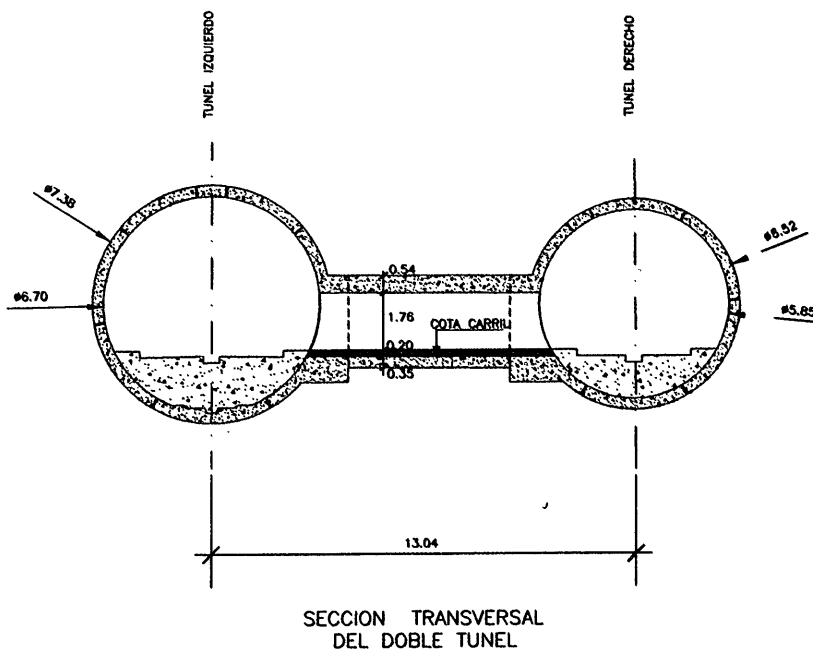
El Proyecto de la Infraestructura del Tramo Recintos Feriales-Aeropuerto del Metro de Madrid tiene como alcance la construcción de un nuevo tramo que prolonga el Ramal Mar de Cristal - Campo de las Naciones que en el futuro se denominara línea 8

El nuevo tramo unirá la estación Campo de las Naciones con el Aeropuerto y con Barajas-Pueblo.

El tramo subterráneo en su totalidad, tiene una longitud aproximada de 5.600 m, incluyendo el túnel para vía doble y dos estaciones.



*"Puerta del Sol" a la izquierda y "Cibeles" a la derecha en el pozo de ataque de Campo de las Naciones.*

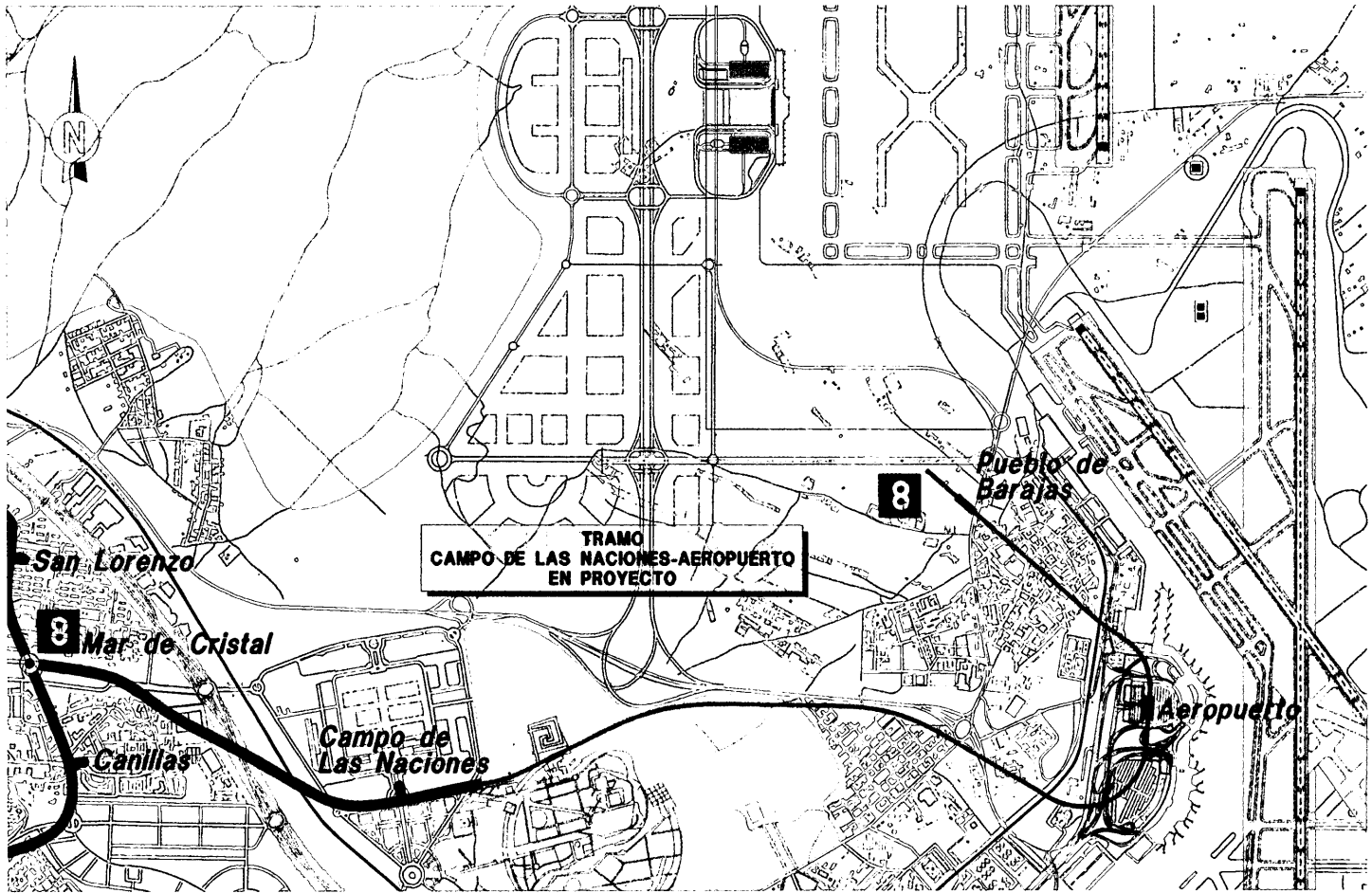


## TRAZADO

El trazado se inicia en la estación de Campo de las Naciones (en construcción) discurriendo bajo el Parque Juan Carlos I, atraviesa el Campo de Golf del Olivar de la Hinojosa hasta las inmediaciones de la Autopista A-10. A partir de este punto el trazado discurre paralelo a la autopista durante un kilómetro hasta cruzarla al norte de la barriada del Corralejo. Cruza, a su vez, un antiguo trazado del ferrocarril, dirigiéndose hacia las instalaciones del aeropuerto atravesando terrenos ocupados por viales y aparcamientos.

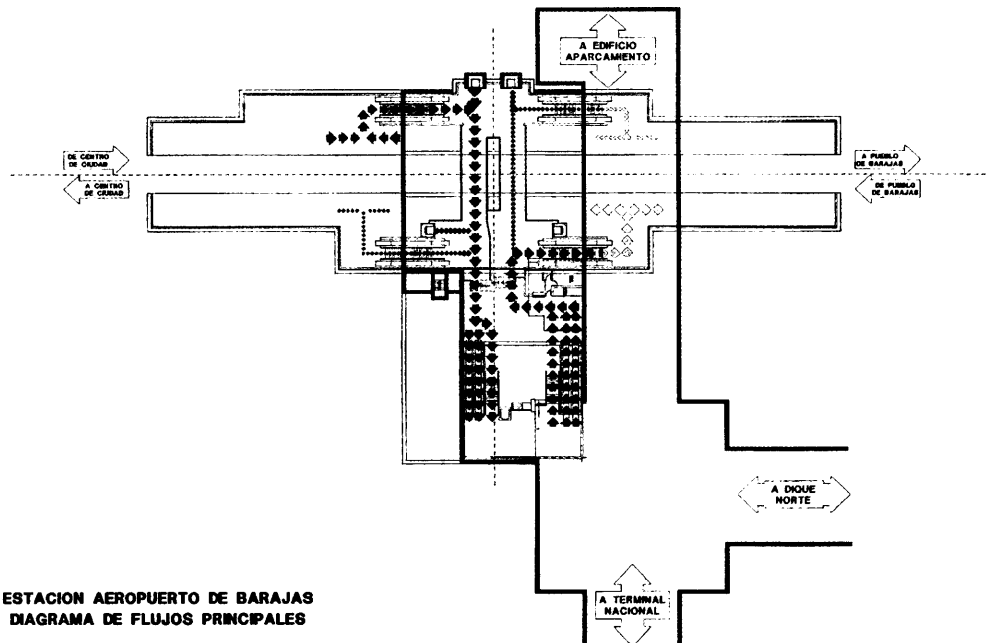
La estación del aeropuerto se situará frente al edificio principal del recinto que constituye las

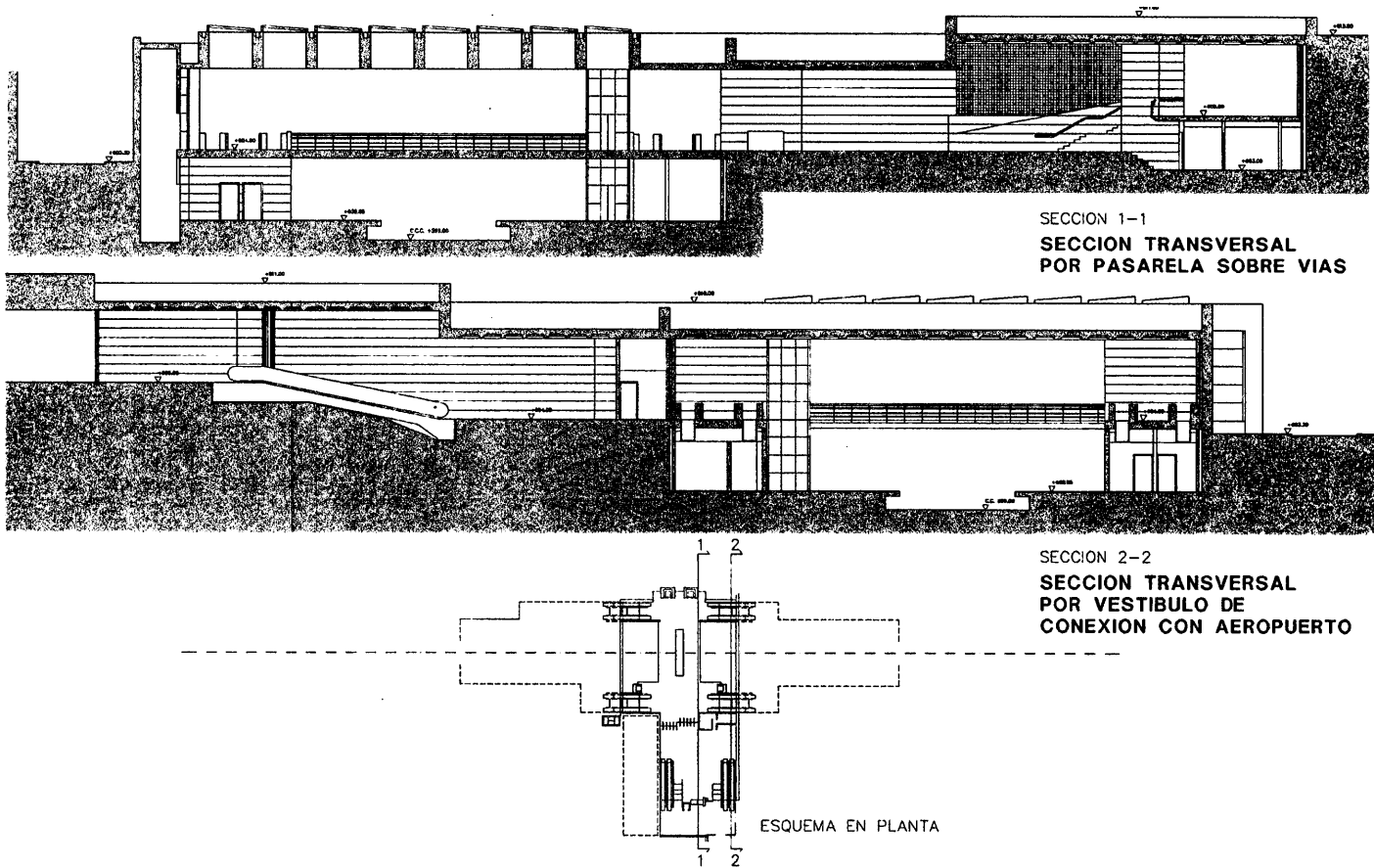
*Sección transversal de los dos túneles y galería de comunicación en el tramo Mar de Cristal-Recintos Feriales.*



terminales de viajeros<sup>1</sup>, junto al aparcamiento en altura. Tendrá comunicación directa tanto con el edificio de las actuales Terminales como con el Dique Norte. La distancia entre las estaciones de Campo de las Naciones y Aeropuerto es de 4 km.

Desde esta estación y, aproximadamente a 500 m, el trazado cruza de nuevo la línea férrea, discurrendo a continuación bajo el núcleo urbano del pueblo de Barajas. La estación terminal, Barajas-Pueblo, se implantará junto a la Avenida de Logroño, cerca de los nuevos desarrollos poblacionales. Cumplirá además el objetivo de actuar como intercambiador con las líneas de autobuses interurbanos que unen Barajas con los núcleos poblacionales del





valle del Jarama. El trazado se completa con un tramo en fondo de saco para facilitar las maniobras de los trenes con una alineación que facilita una posible futura ampliación hacia la Ciudad Aeroportuaria y las nuevas terminales.

Salvo en las proximidades de la estación del Aeropuerto donde ha sido necesario la definición de curvas de radio bajo, las características del resto de la traza permitirá alcanzar velocidades de explotación superiores a las medias actuales de Metro

## GEOLÓGIA Y GEOTECNIA

El primer tramo de la traza hasta llegar a la zona del Aeropuerto se desarrolla en general en arenas de miga, arenas tosquizas y tosco arenoso, con rellenos antrópicos superficiales con espesores variables entre 1 y 5 metros. El tramo final de la traza pasa por una terraza superior del río Jarama ocupada por el pueblo de Barajas en el que predominan los toscos arenosos y arenas tosquizas. Otra terraza más baja esta ocupada por las actuales dependencias del Aeropuerto, donde predominan las arcillas ocreas o verdosas de alta plasticidad. Existe además en esta zona una acumulación alta de rellenos antrópicos que llega a tener espesores superiores a los 10 metros.

## MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

El túnel desde los Recintos Feriales hasta la estación del Aeropuerto se ejecutara utilizando una tuneladora E.P.B. con las mismas especificaciones técnicas de las que se encuentran en estos momentos excavando en Madrid, con un diámetro de excavación de 9,40 m y revestimiento de dovelas tipo Madrid de 32 cm de espesor. Con tuneladora se ejecutara así mismo el ultimo tramo de la traza por debajo del pueblo de Barajas.

Un tramo de 500 m a la salida de la estación del Aeropuerto deberá ejecutarse necesariamente en pantallas, no solo porque los recubrimientos son escasos sino porque la presencia de posibles terrenos contaminados por queroseno y otros productos impiden la excavación con tuneladoras por razones de seguridad.

Las dos estaciones se ejecutaran mediante pantallas por el procedimiento cut and cover.

Tendran una longitud de andenes de 115m con capacidad para la circulacion de trenes de galibo ancho.

Se preve que las obras den comienzo a primeros del año 1998 y que el plazo de ejecucion sea de unos 18 meses. ●