



Construction of 38 km of Metro Tunnels within only 4 years

Construction de 38 km de tunnel pour métro en 4 ans

Longueur totale: 38 km
Diamètre: 9,38 m
Section excavée: 70 m²
Coût du gros œuvre: 1.361 millions de \$US
Durée des travaux: 1995-1999
Date de mise en service: juin 1999

Avec un budget est d'environ 1,4 milliard de dollars, ce projet d'extension lancé en 1995 par le Ministère des travaux publics (Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes) du Gouvernement Régional Autonome de Madrid est extrêmement ambitieux. Le but en était d'étendre le réseau à une longueur totale de 176 kilomètres en quatre ans, ce qui en fait le huitième réseau au rang mondial, et d'ouvrir 37 nouvelles stations équipées de la technologie la plus moderne en matière de sécurité et de confort.

Creuser un tunnel dans un sol mou est difficile en soi, mais les caractéristiques géologiques très variées du sol de Madrid l'ont rendu encore plus difficile du fait de la présence de nombreux cours d'eau souterrains et de talus prononcés qui ont rendu ce projet très complexe et en ont fait un défi d'ingénierie.

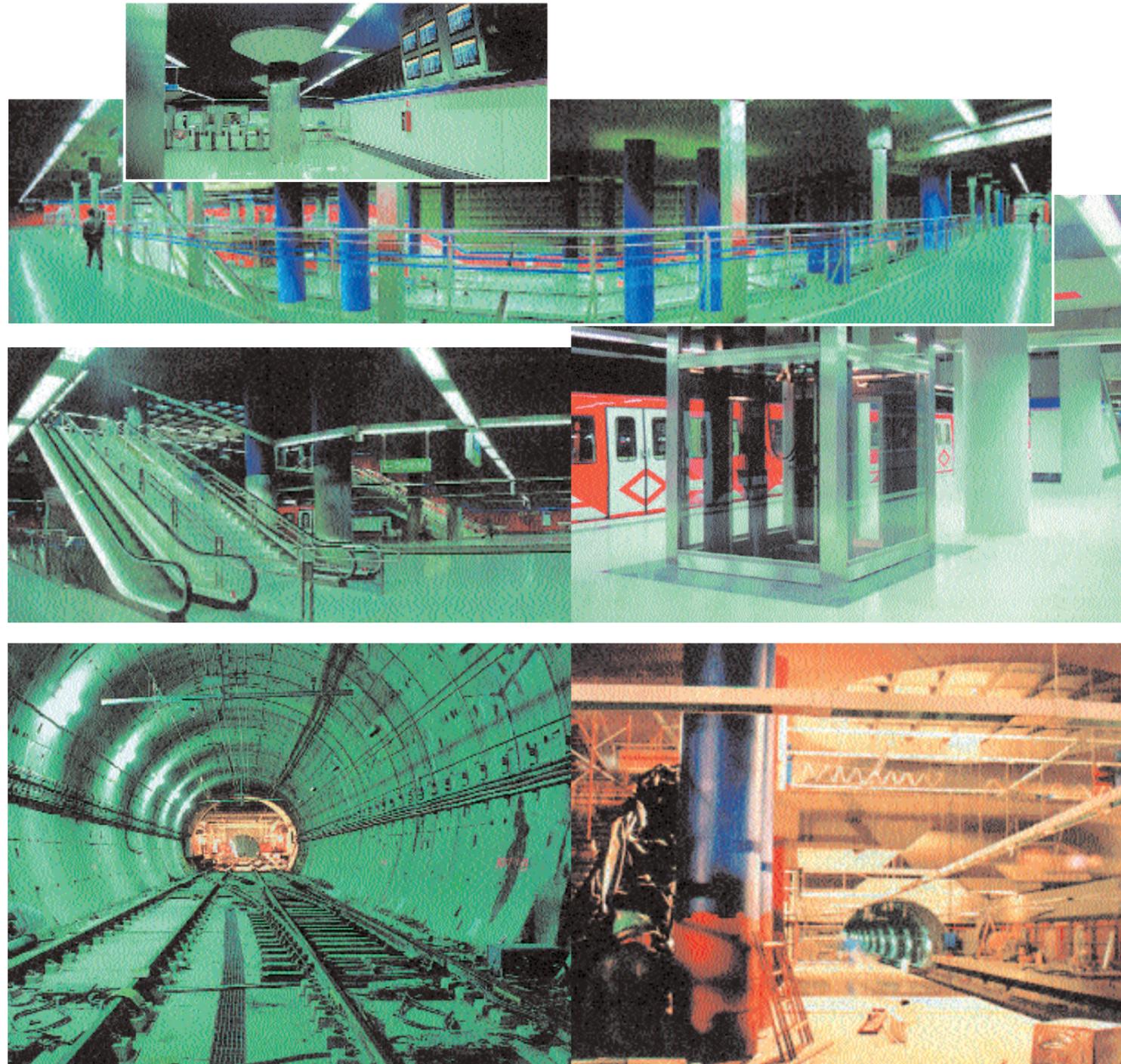
Les travaux ont été réalisés en mettant en œuvre six tunneliers EPB dont quatre d'un diamètre de 9,38 mètres baptisés "La Adelanta" (Mitsubishi-NFM), "La Chata" (Mitsubishi-NFM), "Almudena" (Herrenknecht) et "Paloma" (Herrenknecht), un de 7,4 mètres de diamètre appelé "Cibeles"

(Lovat) et le plus petit, le "Puerta del Sol" (Herrenknecht) avec un diamètre de 6,7 mètres. En outre, certaines sections ont été construites avec la méthode traditionnelle de Madrid ou en tranchée ouverte avec des parois minces.

Tous les tunnels sont à deux voies, à l'exception de la ligne 8 pour laquelle on a utilisé les tunneliers plus petits et dont le diamètre est donc lui aussi plus faible.

La priorité était accordée à la sécurité et à la qualité, le coût et la durée des travaux passant au second rang. La totalité de la zone d'extension a été surveillée à l'aide de près de six mille capteurs géodésiques dont les données étaient transmises à un poste central en vue d'enregistrer tout mouvement ou glissement de terrain.

Le chantier d'extension du métro n'était pas limité au creusement de tunnels et à la pose de voies. Les stations ont été conçues pour permettre aux passagers d'accéder aux rames à partir de la rue selon le chemin le plus court possible, c'est-à-dire d'éviter les longs couloirs. Une grande importance a été accordée à l'éclairage et à une visibilité totale le long des



passages, avec des escalators et ascenseurs conçus pour être également utilisés par les passagers handicapés.

Le coût final de l'extension souterraine de 38 km avec 34 nouvelles stations (également souterraines) était de 1,361 milliard. Il en résulte un coût unitaire de \$US 36,19 millions par kilomètre de ligne finie.

La conception de l'ouvrage a été réalisée selon la chronologie suivante : août 1995 - ligne 10, septembre à novembre 1995 - jonction entre les lignes 4 et 8-10, janvier 1996 - extension de la ligne 7, mai 1996 - ligne 1 et ligne 8 vers le Centre d'Expositions, juillet 1997 - ligne 8 qui dessert l'aéroport.

The present expansion plan, begun in 1995 by Madrid's Regional Autonomous Government via its Public Works Ministry (Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes), is a most ambitious project budgeted at 1.4 billion dollars. The aim back in 1995 was to extend the network to a total of 176 km in a period of 4 years -

making it the eighth largest in the world - and to open 37 new stations equipped with the latest technological advances for safety and comfort.

Every soft ground tunnel is a difficult job, but Madrid's varied geological characteristics make it even more difficult to build underground transport due to many subterranean water currents as well

Name of Project/Nom du projet
Madrid Metro Extensions

Location/Région
Madrid

Tunnel Use/Destination du tunnel
Metro

Client/Maitre d'ouvrage
Madrid's Regional Government

Consulting Engineer/Planification et direction des travaux
Intecsa, Euroestudios, Aepo, Typsa, Prointec, Proser, Eptisa, Iberinsa, Inocsa, Geocisa, Intemac, Incoydesa y Sener

Contractor/Exécution
Dragados y Construcciones, S.A., Fomento de Construcciones y Contratas, S.A., ACS, S.A., Necso y Ferrovial-Agroman, S.A.

Total Length: 38 km
Diameter: 9.38 m
Cross-Section: 70 m²
Roughwork Costs: 1361 million \$US
Construction Time: 1995-1999
Opened: June 99

as pronounced slopes that make any Metro project a complicated and challenging engineering problem.

Construction was carried out using six EPB tunnelling machines - four with 9.38 m diameter baptised "La Adelantada" (Mitsubishi-NFM), "La Chata" (Mitsubishi-NFM), "Almudena" (Herrenknecht) and "Paloma" (Herrenknecht), one of 7.4 m diameter called "Cibeles" (Lovat) and the smallest one, the "Puerta del Sol" (Herrenknecht) of 6.7 m diameter. In addition, certain sections were constructed using either the traditional Madrid Method or cut and cover methods with diaphragm walls.

All the tunnels are two-way except on Line 8, where the 2 smaller EPB machines have been used and tunnel diameter is less.

The principal aim has placed great emphasis on safety and quality. Cost and time frame were given less priority. The whole expansion plan was monitored by some six thousand geodesic sensors sending back data on any

ground movement or slippage to a central location.

The Metro expansion plan was not only limited to the heading of tunnels and the laying of tracks. The concept of the station layout was developed so that passengers can reach the trains from the street by the shortest way possible, thus avoiding long passageways and the need for travelators. Emphasis was placed on lighting and total visibility along all the walkways, with escalators and lifts designed even for passengers with reduced mobility.

The 38 km underground extension, with 34 new stations (also underground), had a final cost of 1,361 million \$USA. That signifies a unit cost of 36.19 million \$USA per km of completed line.

Detail design of Line 10 started in August 1995. Design of Line 4 and 8-10 connection lasted from September to November 1995. Design of Line 7 extension started in January 1996, Line 1 and Line 8 to Exhibition Centre in May 1996 and Line 8 to the Airport in July 1997.