

# Construcción de una estación en caverna de gran luz La estación de Guzmán El Bueno

Manuel J. Melis Maynar

Prof. Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, M.Sc, MBA

*Director General Infraestructuras, Consejería de Obras Públicas, Comunidad de Madrid. Presidente, Metro de Madrid*

Jesús M. Trabada Guijarro

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

*Ingeniero Director de las Obras, Dirección General de Infraestructuras, Consejería de Obras Públicas, Comunidad de Madrid*

## RESUMEN

Todas las estaciones de la reciente Ampliación del Metro de Madrid se han realizado a cielo abierto, excepto la estación de Guzmán el Bueno, que ha sido necesario construir en caverna. En el presente artículo se describe el método constructivo utilizado, el llamado Método Alemán para grandes luces.

## ABSTRACT

All 34 stations in Madrid Metro Extension have been built by cut & cover with diaphragm walls except one, the Guzmán el Bueno station in Line 7. This paper describes in detail this method for excavating chambers with spans bigger than 9 meters.

## 1. EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS DE GRANDES LUCES. EL METODO ALEMÁN

El método alemán se emplea en túneles de grandes luces o cuando el terreno es muy malo y resulta peligroso descalzar parte de la bóveda para ejecutar los hastiales como se hace con el Método Clásico o Belga. Además con luces grandes el frente abierto que quedaría si se ejecutara la bóveda como en el Método Clásico sería demasiado grande para poder reaccionar con rapidez si surgiera un problema con capas arenosas, terreno suelto o venidas de agua. Con el Método Alemán se evitan estos problemas, y se reducen los posibles asentamientos diferenciales que agrietarían la bóveda y darían origen a asentamientos en superficie.

En el Metro de Madrid es raro utilizar este sistema en luces inferiores a 9 m. Es por tanto el sistema de ejecución de las estaciones, empleándose rara vez en el túnel de doble vía. Las

estaciones de línea 5 entre Ciudad Lineal y Canillejas tenían una luz libre de 13.82 metros entre caras interiores de hastiales, con hastiales de 2.0 metros de anchura, lo que lleva a una excavación de 16 metros de luz. Las estaciones de línea 6 entre Cuatro Caminos y Pacífico tenían una luz libre de 15.45 metros, y en caso de andén central se llegó hasta luces interiores de 16.5 metros, con hastiales de 3.0 metros de anchura, lo que significa una caverna de 23 metros de luz. Las de Línea 9 entre Sainz de Baranda y Pavones tenían una luz libre, sin andén central, de 15.45 metros, con hastiales de 3.1 metros. Como se verá a continuación, la última estación construida por este método, Guzmán el Bueno en Línea 7, tiene una luz interior de 16.02 metros con hastiales de 2.5 metros de ancho. La **figura 1** esquematiza las dimensiones de una estación típica de gálibo ancho.

Otro método alternativo para estas excavaciones de gran luz es el llamado Método Jacobson, que consiste en utilizar un

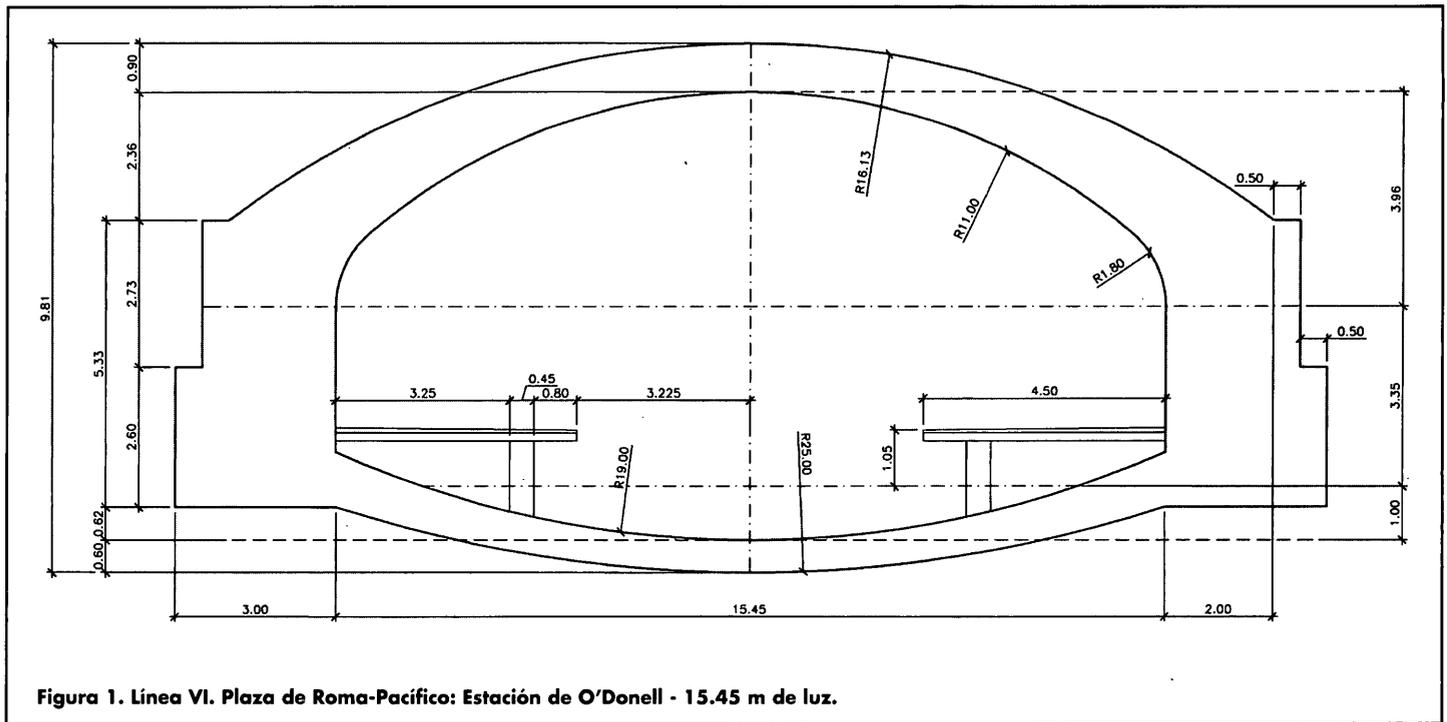


Figura 1. Línea VI. Plaza de Roma-Pacífico: Estación de O'Donell - 15.45 m de luz.

equipo que va colocando las dovelas prefabricadas que componen la bóveda, en lugar de ir excavando y hormigonando las costillas. Este método no se ha utilizado frecuentemente en Madrid, pero sí en algunas estaciones, como la de Laguna. Sin embargo se utiliza a menudo en otros metros, como el de París, donde se ha utilizado en los últimos años en la nueva línea Meteor. No se ha utilizado en la Ampliación de Metro de Madrid 1995-1999.

## 2.- EJECUCIÓN DEL MÉTODO ALEMÁN

El sistema es conceptualmente análogo al empleado en el Método Belga pero cambiando el orden de las fases de ejecución y la propia ejecución de la bóveda. El orden suele ser: (1) Hastiales, (2) Bóveda, (3) Destroza, (4) Solera. La figura 2 esquematiza el proceso, y las figuras 4.10 y 4.11 son fotografías de las estaciones de Cuatro Caminos Línea 6 (1981) y Guzmán el Bueno Línea 7 (1998) construidas por este método..

Para ejecutar los hastiales, se excavan dos galerías paralelas, que se rellenarán posteriormente de hormigón. Si la longitud del túnel a realizar por este sistema no es muy larga se pueden hacer de un tirón, como es el caso de las estaciones.

Si por el contrario el tramo es largo (mayor de 200 m. por ejemplo) se suele sistematizar el trabajo haciéndolo por tramos de 25 a 30 m. según el tipo de terreno. En el caso de las estaciones, con luces comprendidas entre 13 y 17 m, los hastiales tienen entre 2 y 3 m. de ancho. Para su entibación se ha utilizado primitivamente el ladrillo, y hoy día el hormigón, realizando una galería que posteriormente se rellena. El sistema más rápido

y eficaz es la entibación con cerchas metálicas de perfil TH de medio punto colocadas entre 0,80 y 1,25 m. de distancia, según el tipo de terreno, que sujetan las tablas de entibación. Estas galerías suelen tener un sobreancho pare encofrar la cara vista del hastial. Si la altura del hastial es importante (5 m) la galería se excava en dos fases según el esquema de la figura 3.

Una vez terminados los hastiales, se puede ejecutar la bóveda por el mismo sistema descrito en otro capítulo para el Método Clásico, con la única diferencia de que el anillo de bóveda apoya sobre los estribos hormigonados en lugar de sobre el terreno. En general, sin embargo, no se suele construir la bóveda de esa forma, sino por "costillas", pequeños túneles que, como costillas, van creando la bóveda, y que suelen construirse alternadamente. Suele construirse una galería central superior, y cada semicostilla se ataca desde la parte superior del hastial, antes de su hormigonado, y se hormigona, una vez excavada, a través de la galería superior. De esta forma, y aún con enormes secciones de túnel o caverna, es posible construirlos sin que el frente abierto sea nunca mayor de 3 ó 5 m<sup>2</sup>.

La destroza y solera no sufren variación respecto al sistema descrito en el artículo del Método Clásico.

Cuando existe abundancia de agua las galerías de los hastiales sirven de drenaje a la bóveda y destroza, ayudando de esta forma a la ejecución de estas fases.

En el tramo Plaza de Castilla - Avda. de América, de la Línea IX, se ejecutaron 300 m. de túnel por este sistema a su paso bajo las líneas IV y VI ya construidas, así como bajo un paso elevado hiperestático. En la ampliación de Metro 1995-99 de la Comunidad de Madrid se ha construido por el método Alemán la gran estación subterránea de Guzmán el Bueno en Línea 7, y

**Construcción de una estación en caverna de gran luz. La estación de Guzmán El Bueno**

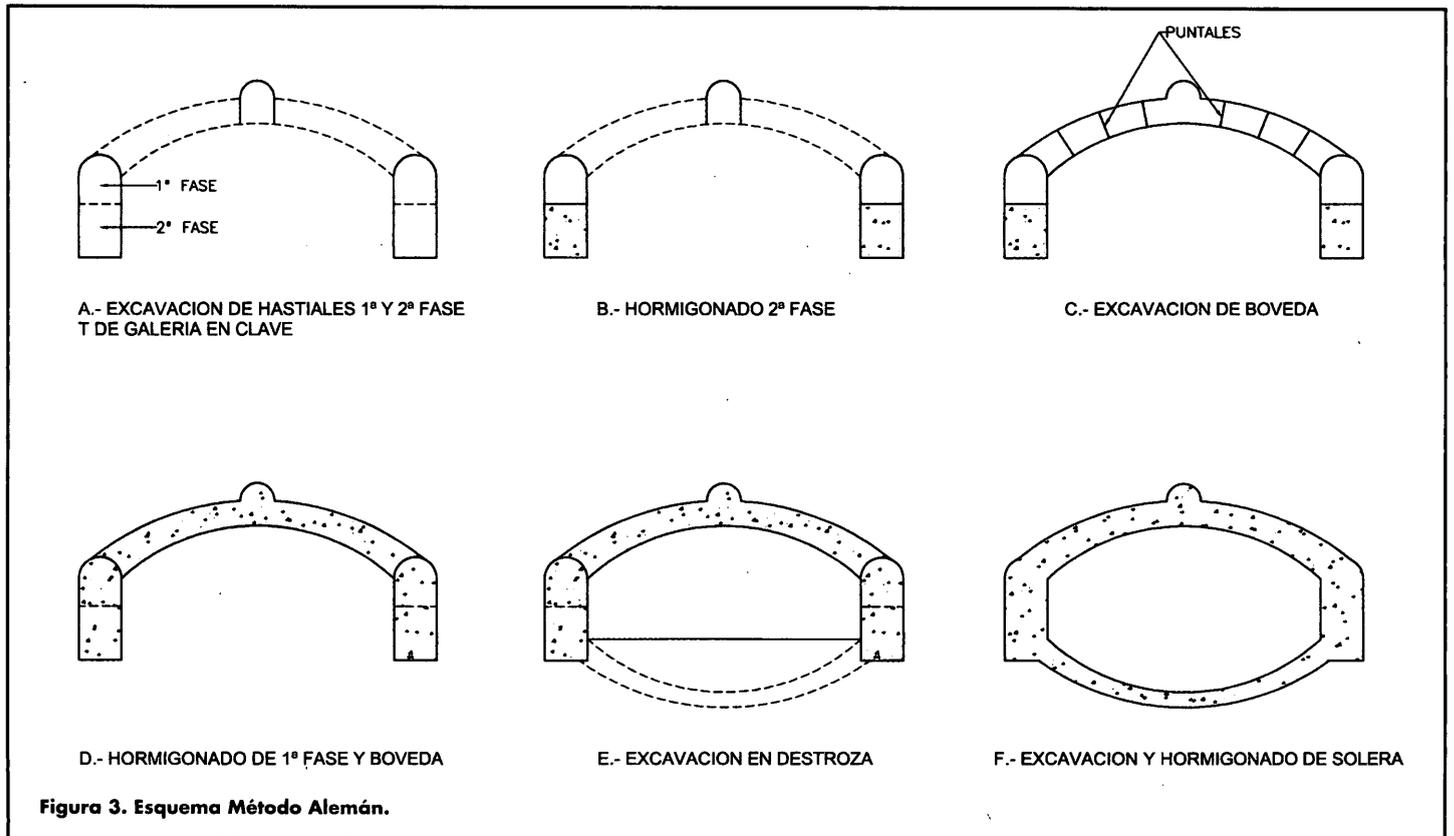
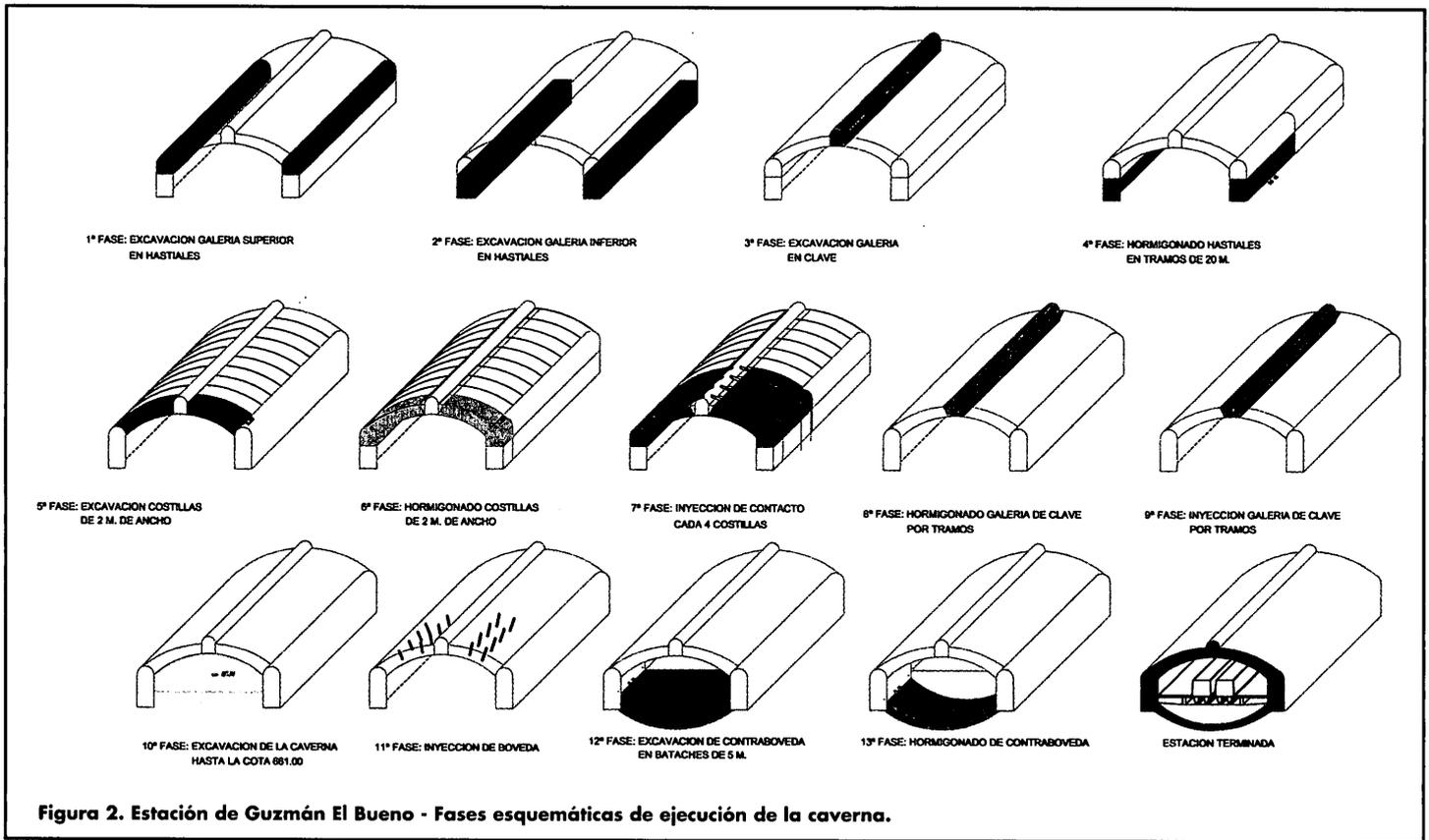
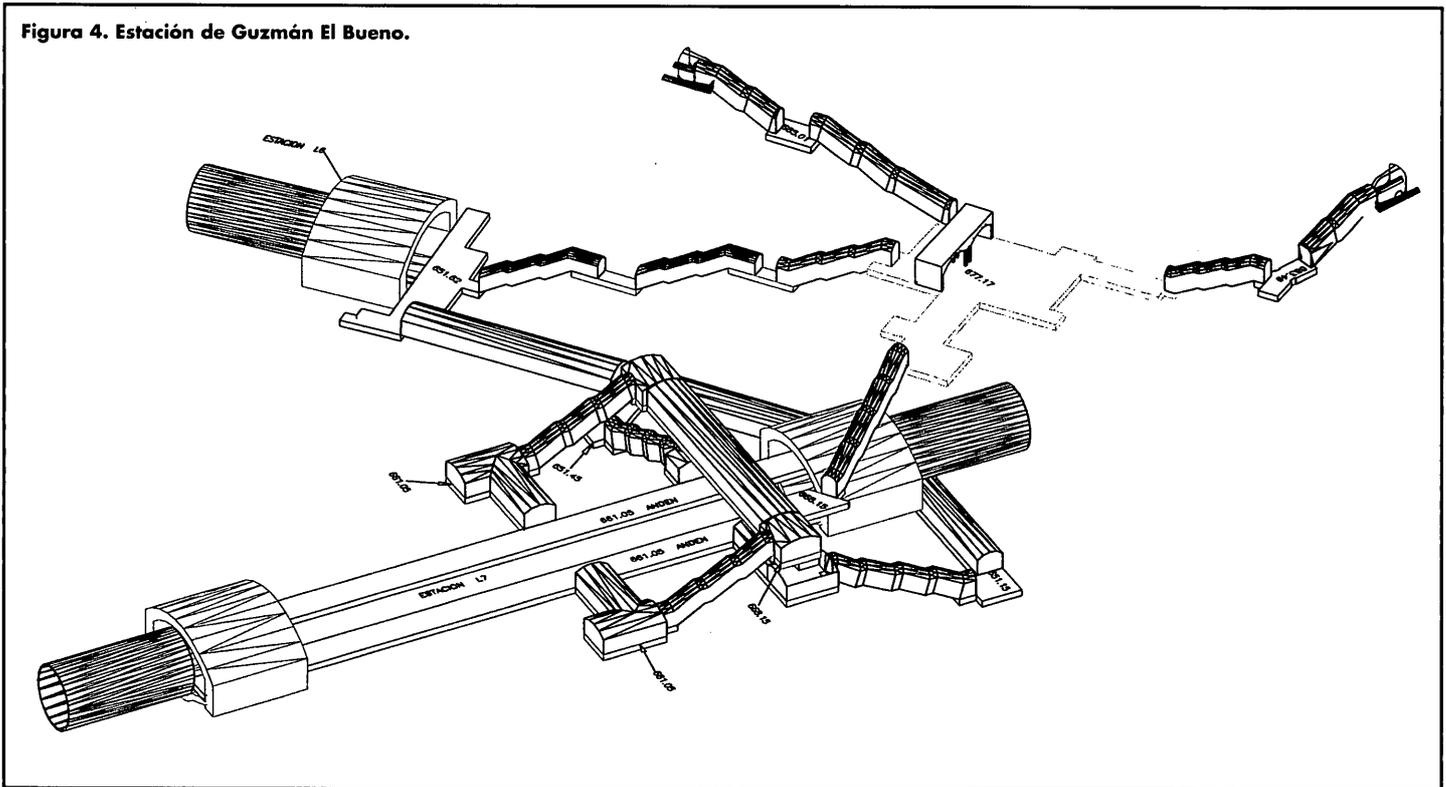


Figura 4. Estación de Guzmán El Bueno.



el telescopio de unión de los túneles que suben de Príncipe Pío a Plaza de España. Para tener una idea de los rendimientos se detallan las fechas de construcción de la Estación de Guzmán el Bueno.

### 3. EJEMPLO EN LA AMPLIACIÓN 1995-1999. CONSTRUCCIÓN DE LA ESTACIÓN DE GUZMÁN EL BUENO EN LÍNEA 7

La perspectiva isométrica de esta enorme estación de 120 m de longitud y más de 20 de anchura de excavación puede verse en la **figura 4**, y su esquema constructivo es el de la **figura 2**. Se construyó entre la superficie y la Línea 6, que en esa zona de la Avda. de la Reina Victoria está muy profunda. El ancho libre o luz entre caras interiores de hastiales es de 16.02 metros, y la bóveda tiene un radio interior de 11.96 metros, con un espesor en clave, que es el mínimo, de 1.50 metros. La estación se atacó desde dos pozos, posteriormente de ventilación, situados al norte del hastial este y al sur del oeste, en las calles de Juan Montalvo y Reina Victoria respectivamente. Desde ellos se construyeron los hastiales o estribos. Además se construyó una rampa en la calle de Conde de la Cimera, para la excavación de la estación.

El primer pozo de ataque comenzó el 24 de enero de 1997, y la contrabóveda de la estación finalizó el 9 de junio de 1998. La estación completa se construyó en 18 meses.

#### Pozos de acceso

El pozo de ventilación sur se comenzó el 24 de enero de 1997 y se terminó el 9 de abril. El pozo norte se comenzó el 29 de enero de 1997 y se terminó el 22 de abril. La galería de acceso sur se terminó el 5 de Junio de 1997, pudiéndose a continuación atacar el hastial oeste. El hastial este pudo comenzar antes, ya que el pozo norte quedaba enfrentado a él a pocos metros.

#### Hastial Este

Los hastiales tiene 2.50 m de ancho y una altura total de 4.85 hasta su contacto interior con el intradós de la bóveda. Se comenzó la excavación de la parte superior del hastial Este el día 25 de Mayo de 1997, y se terminó el 9 de Julio.

La galería inferior comenzó a construirse, por bataches de 20 metros de longitud, el 4 de Agosto de 1997 y se terminó de hormigonar en su totalidad el 29 de Septiembre.

#### Hastial Oeste

Se comenzó la excavación de la parte superior del hastial Oeste el día 6 de Junio de 1997, y se terminó el 15 de Julio.

Los bataches de la galería inferior comenzaron a construirse también el 4 de Agosto de 1997 y se terminaron de hormigonar en su totalidad el 20 de Octubre de 1997.

La galería de conexión entre hastiales comenzó el 25 de Mayo y terminó el 5 de Junio de 1997.

#### **Excavación de la galería de clave de bóveda**

La galería de clave de bóveda comenzó a excavar-se el 6 de Junio de 1997, y terminó su excavación el 4 de Agosto de 1997.

#### **Costillas de bóveda. Lado Oeste**

La bóveda de la estación está formada por 57 costillas. Se construyeron por semicostillas, desde la parte superior de cada hastial hasta la galería de clave.

La primera semicostilla fue la nº 57, situada al norte, que se hormigonó el 28 de Agosto de 1997. Las últimas en hormigonarse fueron la 2 (que era el acceso desde el pozo sur), la 29 y la 26, accesos desde la rampa de Conde de la Cimera. La 26, última semicostilla oeste, se hormigonó el 12 de Diciembre de 1997.

#### **Costillas de bóveda. Lado Este**

La primera semicostilla hormigonada en el hastial este fué la nº 114, situada al sur, que se hormigonó el 5 de Septiembre de 1997. La última en hormigonarse fué la 88 (acceso al cangrejo bajo solera), que se hormigonó el 13 de Diciembre de 1997.

#### **Hormigonado de la galería de clave de bóveda**

La galería de clave de bóveda se fue hormigonando conforme iban cerrándose las costillas. El último tramo, en el centro de la estación entre las costillas 25 y 28 se hormigonó el 19 de Diciembre de 1997.

#### **Excavación de la estación**

La excavación fue haciéndose desde la fecha de cierre de la galería de clave hasta la terminación de la contrabóveda.

#### **Construcción de la contrabóveda**

Los primeros tramos de la gran contrabóveda fueron los situados en los piñones norte y sur de la estación. Se hormigonaron el 21 de Abril de 1998. El último tramo se hormigonó el 9 de Junio de 1998.

Como resumen, comenzados los hastiales en fecha 25 de Mayo de 1997, la contrabóveda se terminó el 9 de Junio de 1998. La estructura de la estación se construyó en 12 meses. La tuneladora "Paloma" caló en la estación el día 15 de Junio de 1998, y salió el 6 de Julio de 1998 hacia Islas Filipinas. La programación de los trabajos resultó excelente. ■



# ICAES

Instituto de Control, Asistencia, Ensayos y Sondeos, S.A.

- Laboratorio acreditado por la C.A.M.  
Áreas AS, AP, HA, ST, SV, SE
- Estudios e Informes Geotécnicos
- Organismo Control Técnico  
(Seguro decenal de daños en edificación)

C/ Las Fraguas, 16. Pol. Industrial Urtinsa - 28923 ALCORCÓN (Madrid)  
Tel.: 91 641 07 11/08 98 - Fax: 91 641 52 97

**CONTROL DE CALIDAD TRAMO IV DE METROSUR**