

# TRAMO 1: COLONIA JARDÍN – CUATRO VIENTOS

## SECTION 1: COLONIA JARDÍN – CUATRO VIENTOS

JOSÉ MARÍA DÍAZ RETANA. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos  
 Director de Obra. MINTRA. *admon@mintra.c.telefonica.net*  
 PETRONILA NAVARRO SANZ. Ingeniera Técnico de Obras Públicas.  
 Directora de Obra. MINTRA. *admon@mintra.c.telefonica.net*

**RESUMEN:** La Prolongación de la Línea 10 a Metrosur, tramo 1, forma parte del gran eje norte suroeste de la red del Metro de Madrid que supondrá un salto cualitativo en las comunicaciones de los municipios del Suroeste con el centro de la capital y comprende un tramo de túnel de 2.800 m y dos estaciones, una de ellas con correspondencia con la Línea 5 de Cercanías de Renfe.

Las dos nuevas estaciones permiten mejorar sustancialmente el transporte público en una zona del municipio de Madrid, al mismo tiempo que mejorará la utilización del mismo para una gran parte de los usuarios del transporte de los municipios vecinos de Pozuelo de Alarcón y Boadilla del Monte .

La ejecución del túnel se realizó con una tuneladora del tipo EPB, logrando unos rendimientos que supusieron un record mundial de avance mensual en su momento, habiendo tratado previamente el terreno en los puntos en que se había previsto que el paso de la tuneladora podría tener una incidencia negativa.

**PALABRAS CLAVE:** MADRID, TÚNEL, FERROCARRIL METROPOLITANO, ESTACIONES

**ABSTRACT:** The extension of Line 10 to the Metrosur - Section 1, forms part of the large northern-south-westerly axis of the Madrid Underground network and will provide a noticeable improvement in communications between the towns to the southwest and the city centre. This work consists of a 2,800 m tunnel section and two stations, one of which serving as an interchange with Line 5 of the Renfe Metropolitan Railway.

The two new stations will vastly improve public transport in this area of Madrid and will also improve rail transport for a large number of commuters from the neighbouring towns of Pozuelo de Alarcón and Boadilla del Monte.

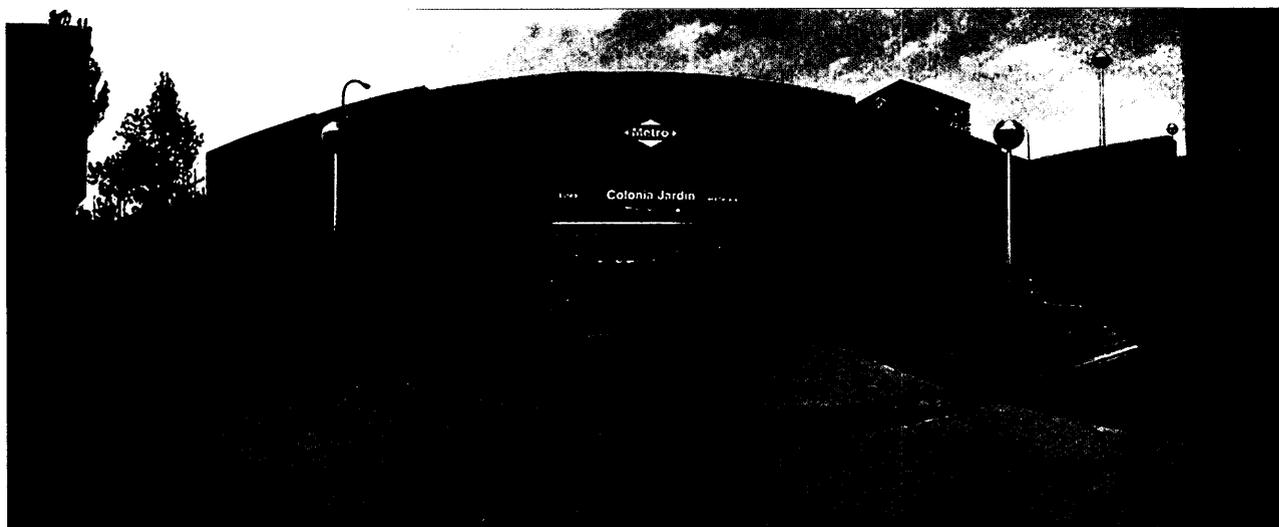
The tunnel was excavated by an EPB tunnelling machine and recorded a top end performance which was a world record monthly advance in its day, after the prior treatment of the soil at those points which were expected to have a negative effect on the tunnelling.

**KEYWORDS:** MADRID, TUNNEL, METROPOLITAN RAILWAY, STATIONS

### FUNCIONALIDAD DEL TRAMO

La prolongación de la Línea 10 del Metro de Madrid a Metrosur se plantea con el objetivo de unir la primera y segunda coronas metropolitanas del Sudoeste de Madrid con el Centro, con el gran eje de negocios de la Castellana, con el Aeropuerto de Barajas ( a través de la Línea 8 en el gran intercambiador de Nuevos Ministerios) y con el área Norte de la capital. Metrosur tiene la misión de intercomunicar entre sí los cinco grandes municipios del Suroeste metropolitano: Alcorcón, Móstoles, Fuenlabrada, Getafe y Leganés, y facilitar el transporte interno en cada uno de ellos.

La Línea 10, con una longitud de 22,65 km, permitirá intercambiar con las líneas de Cercanías de Renfe en Chamartín, Nuevos Ministerios, Príncipe Pío y Cuatro Vientos. Con el resto de la red de Metro en la Plaza de Castilla (L1 y L9), Nuevos Ministerios (L6 y L8), Gregorio Marañón (L7), Alonso Martínez (L4 y L5), Tribunal (L1), Plaza de España (L2 y L3), Príncipe Pío (L6 y Ramal Ópera-Príncipe Pío), Casa de Campo (L5) y Puerta del Sur (Metrosur). Por tanto, 11 estaciones de las 19 que tendrá la línea una vez prolongada, permitirán el intercambio con otras líneas de Metro o Cercanías RENFE, conectando con todas las líneas de Metro existentes, a excepción de la línea 11 y permitiendo el acceso



desde Alcorcón a Nuevos Ministerios en 22 minutos y al Aeropuerto de Barajas en 37 minutos, salto cualitativo de gran trascendencia para los municipios del Suroeste de Madrid, de más de un millón de habitantes. La nueva estación de Joaquín Vilumbrales, situada en el tramo 2, dará servicio al sector Sur del barrio de San José de Valderas de Alcorcón.

Para llegar a cubrir la demanda previsible se ha realizado una remodelación total de la línea 10, ampliando su gálibo en el tramo entre Alonso Martínez y Plaza de España que sólo permitía el paso de trenes de gálibo estrecho, así como entre Lago y la nueva estación de Casa de Campo, este tramo a cielo abierto. Esta remodelación va a permitir la circulación de una nueva generación de material móvil, series 7000 y 8000, de 2,80 m de anchura con capacidad para más de 1000 viajeros en trenes con composiciones de 6 coches, que marchan a velocidades de hasta 110 km/hora, incorporando una nueva tecnología en señalización y conducción de trenes, lo que ha exigido cambiar la tensión usual en Metro de 600 V por 1.500 V, obligando a remodelar las subestaciones existentes y construyendo otras nuevas, todas ellas adaptadas a la nueva tensión.

### TRAMO COLONIA JARDÍN - CUATRO VIENTOS

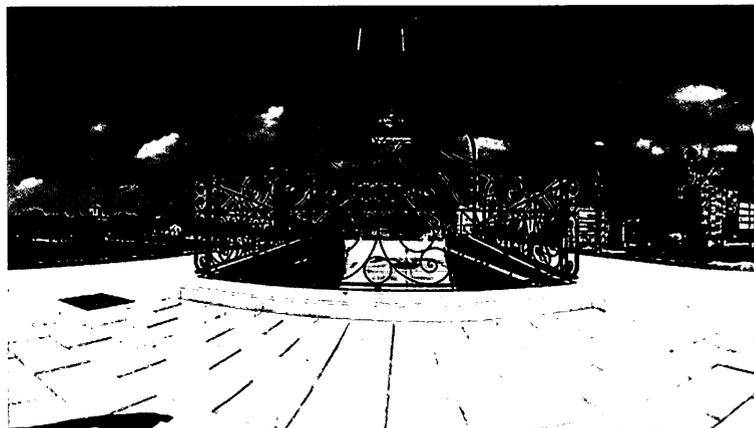
Dentro de la línea, el tramo Colonia Jardín - Cuatro Vientos comprende estas dos estaciones en los extremos del tramo, separadas 2.800 m lo que representa una de las mayores distancias entre estaciones de la línea, siguiendo un trazado en la misma dirección que la carretera N-V a lo largo del que se va a desarrollar la operación urbanística denominada Plan Campamento, aprovechando los terrenos desafectados por los cuarteles existentes en toda esta zona y cuyo eje va a ser precisamente la citada N-V. Dentro de ese plan urbanístico, está prevista la construcción de dos nuevas

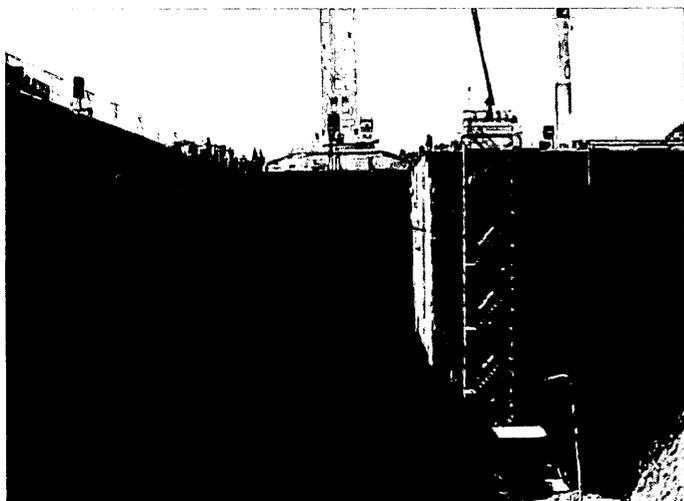
estaciones, una a cada lado de la carretera, que darán servicio a los nuevos asentamientos previstos.

### ESTACIÓN DE COLONIA JARDÍN

Está situada en el área comprendida entre la margen derecha de la N-V y la carretera de Boadilla M-511 con una zona de influencia directa en el extremo suroeste del distrito de La Latina. Cuenta con un aparcamiento de más de 300 plazas en superficie que extenderá esa zona de influencia hasta la Ciudad de la Imagen y las urbanizaciones próximas de Prado del Rey en el municipio de Pozuelo de Alarcón, incluso al resto del municipio y al de Boadilla ya que también existe una parada de autobuses, interurbanos y urbanos, que dan servicio a esos municipios y a la Universidad de Somosaguas.

El vestíbulo de la estación está situado bajo la carretera M-502 y dispone de accesos a ambos lados de la misma: el de la margen derecha situado a nivel de la C/ Se-





dano, tiene entrada directa al vestíbulo al estar a 5,50 m por debajo de la rasante de la carretera, y dispone de un ascensor hasta este nivel, al lado la parada de autobuses en dirección salida de Madrid, mientras que el otro acceso, margen izquierda, da servicio a la parada de autobuses de entrada.

El recinto de la estación sirvió como pozo de ataque para la tuneladora que excavó el túnel hasta la estación de Cuatro Vientos, lo que ha permitido, aprovechando el espacio ocupado por la excavación normal al eje de la estación usada como rampa de acceso al pozo y por la profundidad de la estación, utilizar el nivel de entreplanta para situar una futura estación de un tranvía o "metro ligero" que está previsto se dirija hacia Pozuelo y Boadilla. A tal efecto se ha dispuesto una losa en U perpendicular al eje de la línea 10 con andenes a dicha cota y accesos directos desde los dos andenes del tranvía tanto al vestíbulo como a los dos andenes de línea 10. De esta manera la estación se conformará como un intercambiador con un nuevo sistema de transporte y con autobuses, dotado de un aparcamiento disuasorio.

La cubierta del vestíbulo se construyó en dos fases. En la primera, se ejecutó la mitad sur, desviando posteriormente sobre ella el tráfico de la M-502, para una vez ejecutada la segunda mitad, volver a reponer el tráfico en su situación inicial.

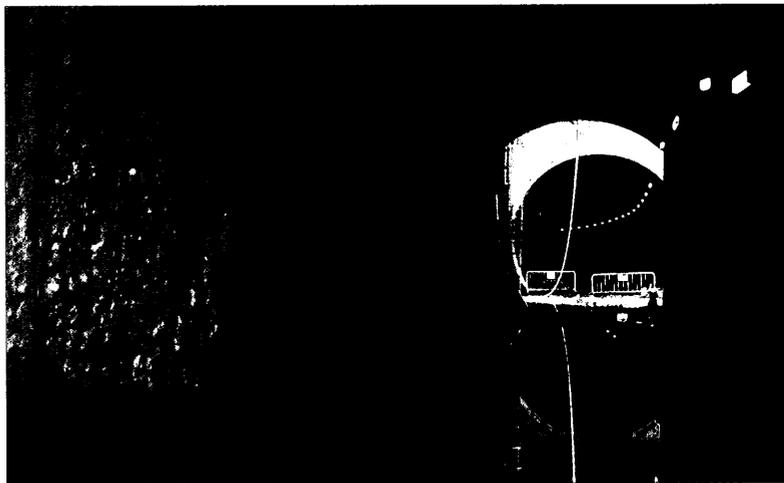
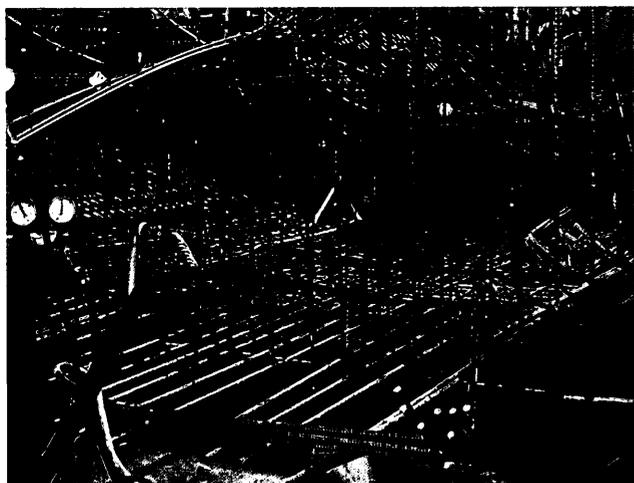
Finalmente, se ha urbanizado el entorno construyendo, por un lado una plaza al nivel de la calle Sedano, enmarcada por muros de ladrillo vitrificado y levantando unas escaleras en el lado derecho que permiten salvar el desnivel existente entre la plaza y la carretera de Aravaca, y en la otra margen de dicha carretera se ha repuesto la calle Arenas de S. Pedro, quedando peatonal en la parte que bordea el aparcamiento y uniéndola con el viario existente desde la c/ Sanchidrián por un vial de nueva apertura que figura en el P.G.O.U. de Madrid.

### ESTACIÓN DE CUATRO VIENTOS

La estación de Cuatro Vientos está situada en la margen izquierda de la carretera N-V en el triángulo existente entre esta carretera y la plataforma de la línea C5 de Cercanías, frente a la Dehesa del Príncipe, y va a permitir el intercambio con dicha línea de cercanías y los autobuses interurbanos en los dos sentidos, salida y entrada de Madrid, lo cual supondrá una mejora sustancial para los usuarios del área de Alcorcón y Móstoles, ya que aquellos que no dispongan de una estación de Metrosur cercana podrán usar cualquiera de los autobuses que desde Madrid se dirigen a esas poblaciones o viceversa, y los que utilizan la línea C5 tienen a su disposición una nueva conexión directa y rápida con el centro de Madrid.

Para facilitar ese intercambio la estación dispone de dos accesos, uno desde cada margen de la N-V y un intercambiador con la línea C5.





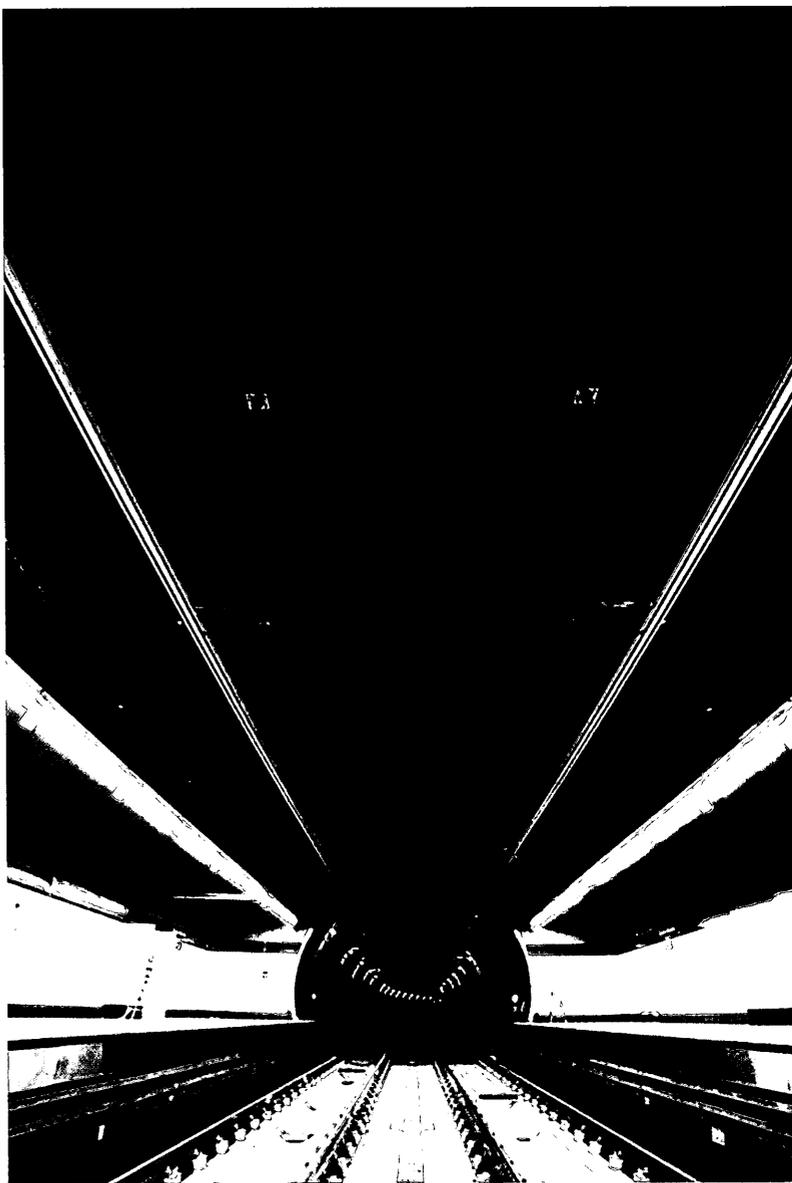
El acceso a la margen derecha, Dehesa del Príncipe, consta de una galería de 50 m de longitud esviada con respecto al eje de la N-V, que llega a la plaza formada por el paseo de Húsares y el de Lanceros, donde desembarca mediante dos escaleras mecánicas cerradas por un templete y un ascensor. La galería está dotada de dos pasillos rodantes.

La conexión con la estación de Cercanías se realiza mediante una galería, excavada también por el método tradicional de Madrid que desemboca en un vestíbulo situado bajo las vías de la línea C5 y ejecutado mediante un cajón hincado de 14 m de anchura, prolongado en sus extremos para dar amplitud suficiente bajo andenes para situar las escaleras, constituidas por grupos de una fija y dos mecánicas y un recinto en el lado norte para los cuartos técnicos y taquillas, con lo cual RENFE acometerá la remodelación de la estación de Cuatro Vientos de Cercanías, quedando este vestíbulo como único acceso a la estación.

También se ha aprovechado el espacio existente sobre andenes hasta la cubierta de la estación en su extremo suroeste para instalar una subestación de tracción, que consta de dos niveles: la galería de cables y la subestación propiamente dicha, con la particularidad de que la losa de esta última es la que arriestra las pantallas, permitiendo de esta manera que la galería de cables sea diáfana al no tener pilares de transmisión de los esfuerzos de la losa situada por encima.

#### EJECUCIÓN DEL TÚNEL

La perforación del túnel se ejecutó por medio de un tuneladora (TBM) del tipo EPB de 8,43 m de diámetro interior, con revestimiento de anillos de dovelas de hormigón armado, compuestos por 7 piezas de 1,50 m de longitud y 32 cm de espesor. El avance de la máquina se logra por empuje de gatos sobre los anillos ya colocados, mientras se ejecuta la excavación por medio de una cabeza giratoria equipada con las herramientas de corte,





recogiendo los materiales producto de la excavación en una cámara que se mantiene a una presión determinada función del tipo de terreno en el frente y regulando la extracción del material de la cámara mediante la velocidad de giro de un tornillo sinfín que extrae el escombros a una cinta.

La ejecución del túnel comenzó el día 2 de noviembre de 2000, avanzando desde la estación de Colonia Jardín hasta Cuatro Vientos adonde llegó el día 21 de marzo de 2001. La excavación comprende 1846 anillos que corresponden a 2.769 m entre los pozos de ataque y de salida, ejecutados en 140 días naturales, lo que supone una media

de 20 m/día que teniendo en cuenta las paradas programadas para montaje de remolques, recrecido de playa de vías y las de Navidad y Año Nuevo, reducen los días útiles a 123 con lo que la media por día útil se eleva a 24 m/día, llegándose a perforar 42 m el día 18 de enero de 2001, con una punta mensual de 939 m entre el día 15 de enero y el 14 de febrero de ese año, lo que constituyó un record mundial de avance en este tipo de tuneladoras. (Ver gráfico nº 1).

### TRATAMIENTOS DEL TERRENO

Previamente al paso de la tuneladora por ciertos puntos críticos debido a la proximidad de edificios con riesgo de que se produjeran daños en ellos, se procedió a ejecutar diversos tratamientos del terreno:

- Inyecciones de compensación en el PK 0+340 bajo un edificio de viviendas
- Tratamiento con jet-grouting entre los PK 0+ 380
- Tratamiento con jet-grouting en PK 0+870
- Tratamiento con jet-grouting en el PK 1+540

Estos últimos con objeto de proteger edificios cercanos a la traza de posibles movimientos.

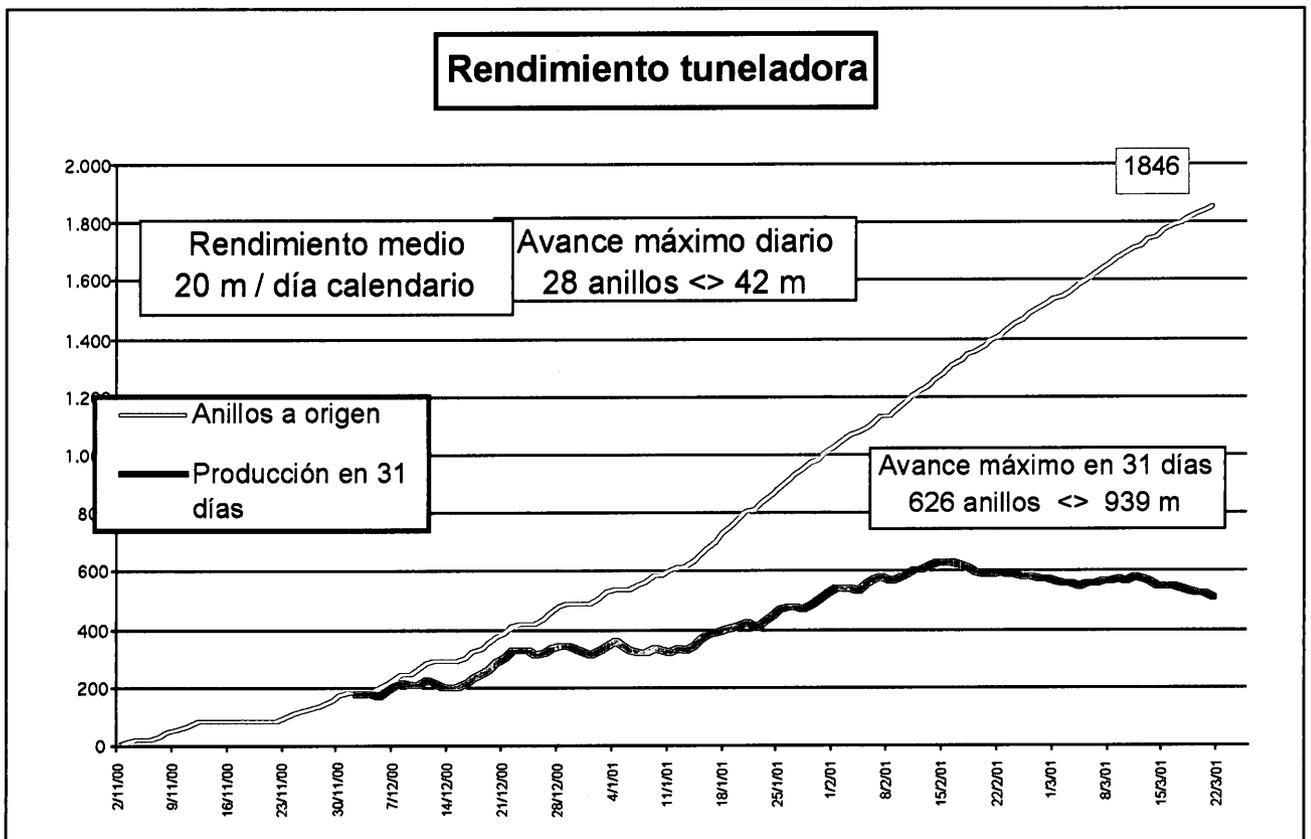


Gráfico nº 1.

Gráfico nº 2.

Evolución edificio PK 0+360 1ª fase tratamiento

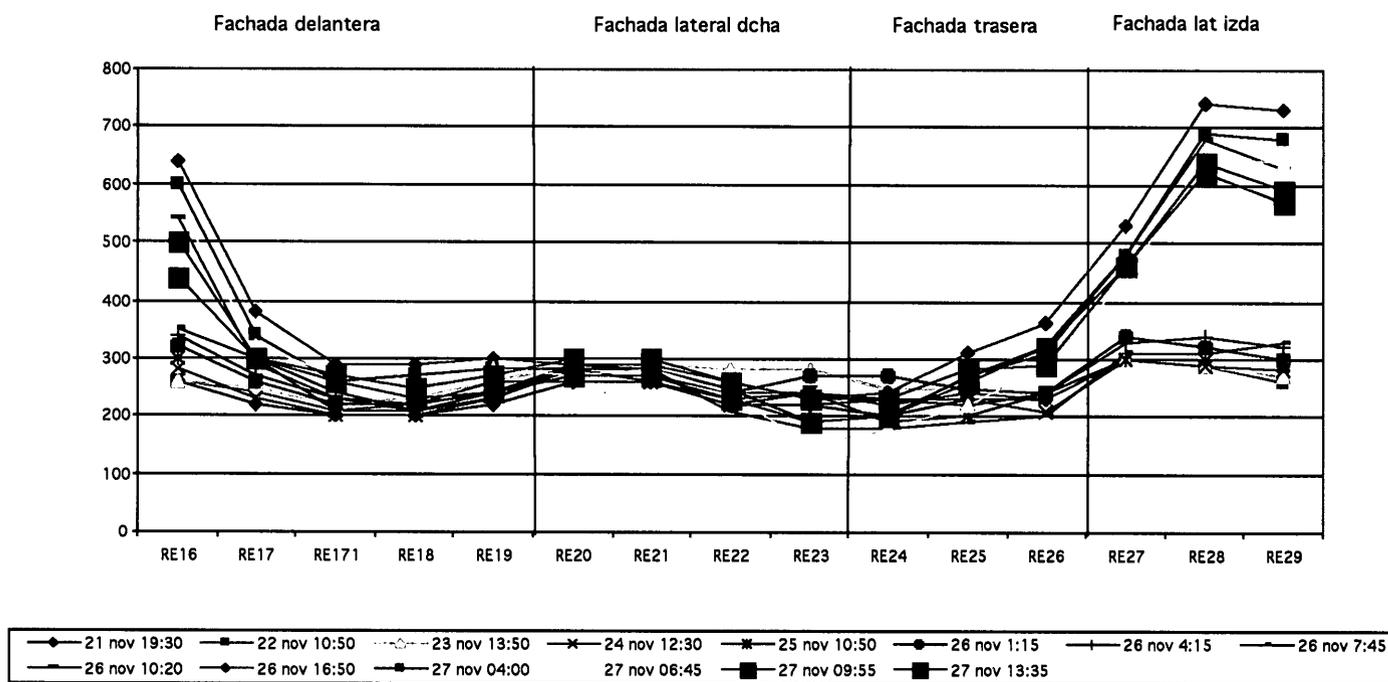
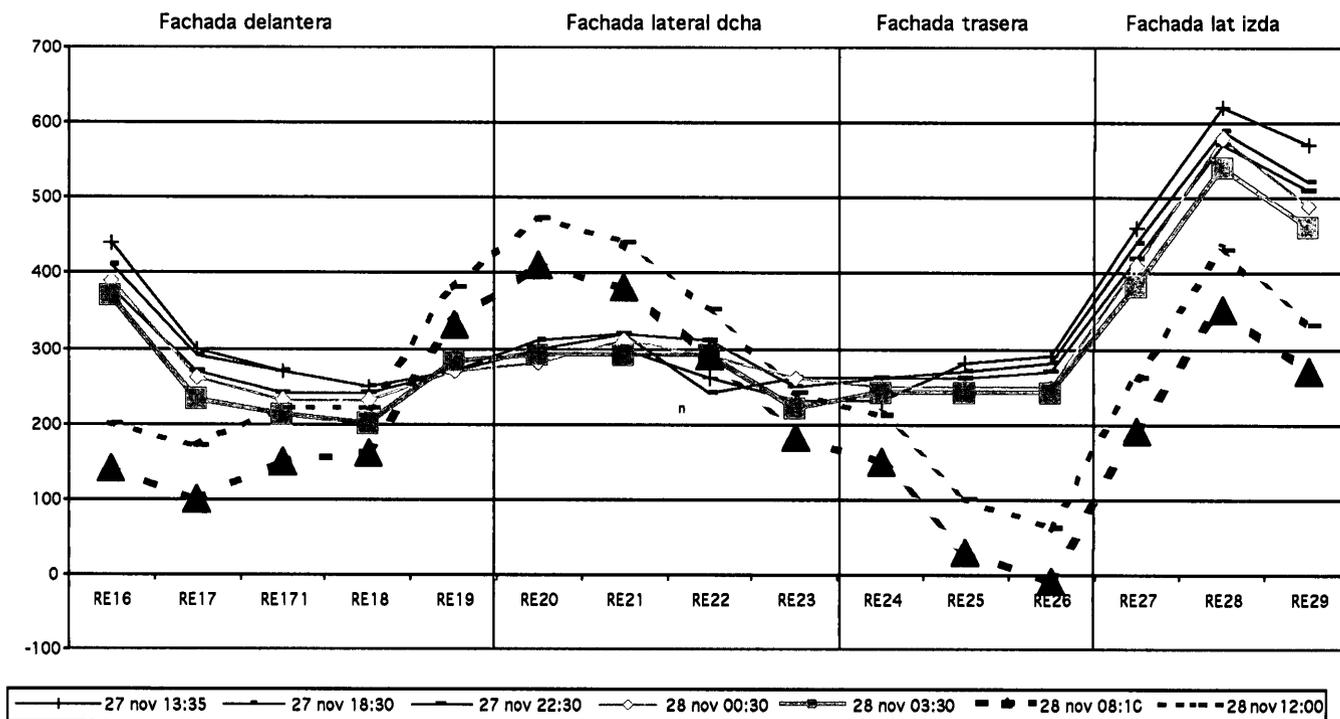
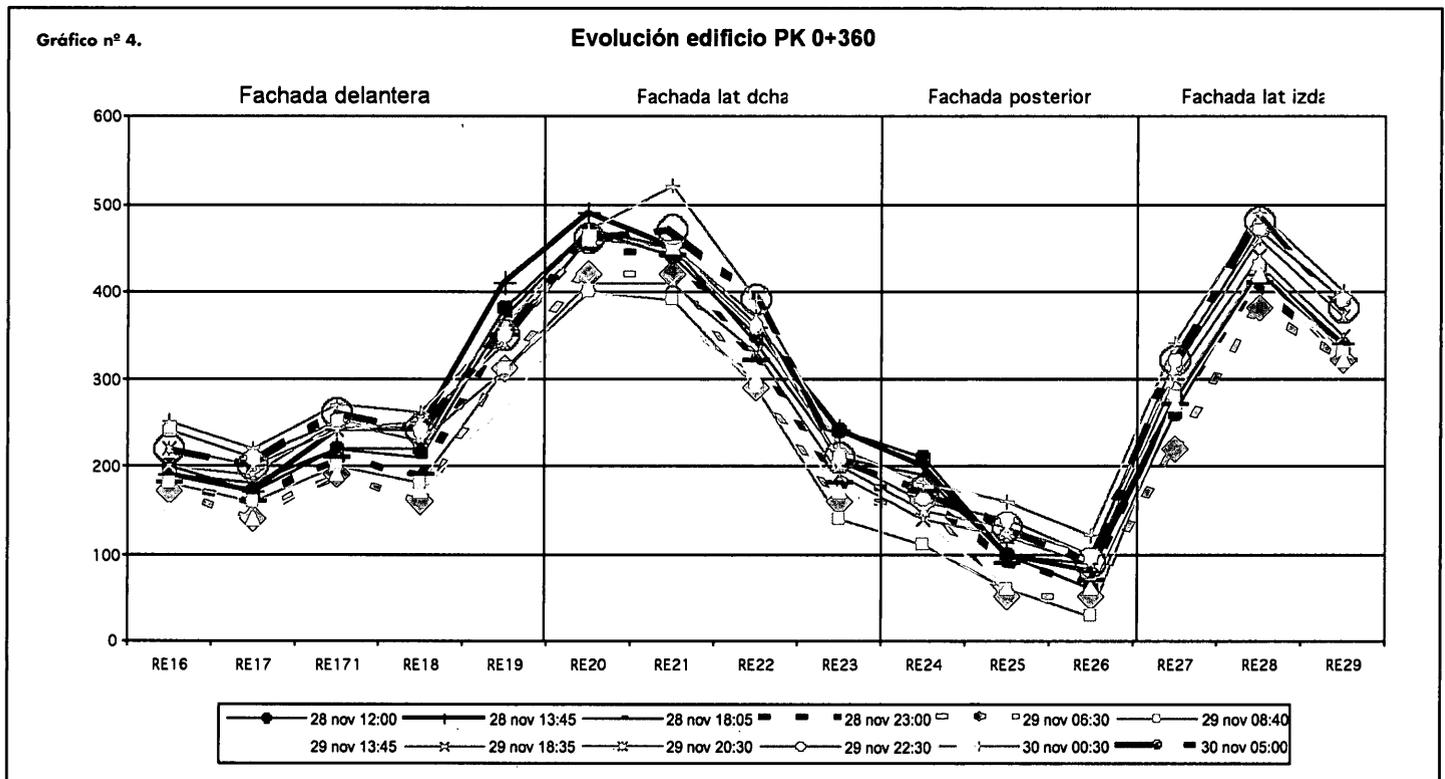


Gráfico nº 3.

Evolución edificio PK 0+360 paso tuneladora 1ª fase





Los resultados de los tratamientos fueron muy favorables, no habiéndose producido movimientos mayores de los previstos que en ningún caso afectaron a los edificios estructuralmente.

Como exponente de lo acertado de los tratamientos aplicados se detalla a continuación la evolución del edificio situado en la calle Sanchidrián nº 2, bajo el cual se sitúa el túnel. Este edificio se trató mediante inyecciones de compensación definidas en dos campañas, una previa de puesta en tensión del terreno y otra de compensación propiamente dicha durante la fase de excavación.

Para controlar los movimientos del edificio se colocaron 15 clavos de nivelación en las fachadas del edificio. Se tomó una lectura inicial y se fueron nivelando todos los clavos durante la 1ª fase del tratamiento, consiguiéndose una estabilización inicial con movimientos de los clavos entre los 2 y 3 mm de elevación según se observa en el gráfico nº 2.

Durante el paso de la tuneladora, que ocurrió en la noche del 27 al 28 de noviembre de 2000, se controlaron los movimientos y se determinó no efectuar más inyecciones de compensación puesto que los movimientos observados estaban dentro de valores admisibles, según se desprende del gráfico nº 3, permaneciendo todos los puntos controlados siempre por encima de su posición previa al comienzo del tratamiento, tomando valores entre 60 y 470 centésimas de mm de elevación en todos los casos.

En una fase posterior, durante la inyección del huelgo entre excavación y dovelas por cola del escudo y en días posteriores no se detectaron movimientos anormales, quedando estabilizado el edificio como se puede apreciar en el gráfico nº 4. ■

**FICHA TÉCNICA**

PROMOTOR	MINTRA (Madrid, Infraestructuras del Transporte) Consejería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes. Comunidad Autónoma de Madrid
AUTOR DEL PROYECTO DIRECCIÓN DE OBRA	MINTRA, INOCSA José María Díaz Retana <i>Ingeniero de Caminos, C. y P.</i> Petronila Navarro Sanz <i>Ingeniero Técnico de Obras Públicas.</i>
ASESOR GEOTÉCNICO	Carlos Oleo Mazo <i>Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P</i>
ASESOR TUNELADORA	Felipe Mendaña Saavedra <i>Dr. Ingeniero de Caminos, C. y P</i>
CONSTRUCTORA	UTE FCC - NECSO Ricardo Gil Edo Joaquín Arroyo Represa <i>Ingeniero de Caminos, C. y P</i>
ASISTENCIA TÉCNICA	INOCSA Carlos Conde Basabe <i>Ingeniero de Caminos, C. y P</i> José Luis Medina Sancho <i>Ingeniero Técnico de Obras Públicas</i>
CONTROL DE CALIDAD	SERGEYCO
PRESUPUESTO	118.165.143 Euros
PRESUPUESTO INSTALACIONES	20.998.958 Euros
PLAZO DE EJECUCIÓN	29 meses.