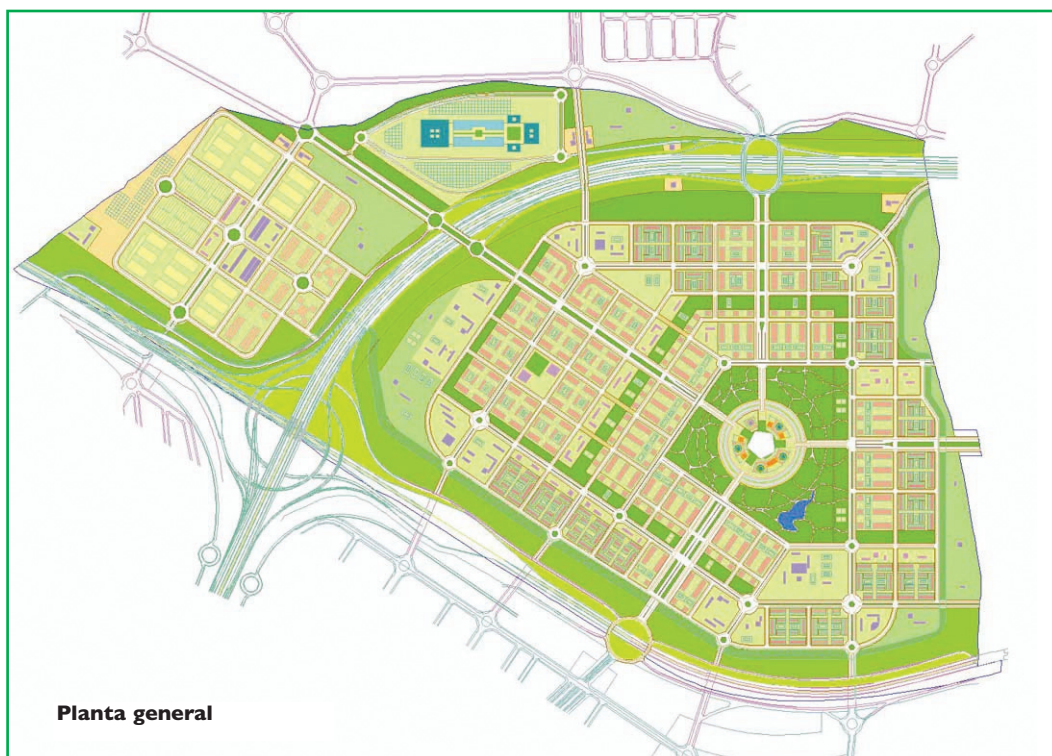


Obra urbanización El Cañaveral

Vicente Antón Maicas, Director Servicios Técnicos de SANDO CONSTRUCCIONES



El ámbito de esta urbanización se encuentra en la zona suroriental del término municipal de Madrid, en el distrito de Vicálvaro, entre la M-45 y la R-3. Ocupa una superficie total de 540 Has, de las cuales 218 son edificables, lo que la convierte en una de las mayores urbanizaciones ejecutadas en Madrid.

La obra realizada por **Sando Construcciones** comprende la explanación y pavimentación de los viales, así como la infraestructura correspondiente a los servicios: saneamiento, abastecimiento, riego, energía eléctrica, alumbrado, gas y comunicaciones.

Las obras de urbanización interior se iniciaron en septiembre de 2006 y finalizaron en febrero de 2009, quedando para 2010 la finalización de las conexiones exteriores.

En este artículo vamos a tratar aquellos aspectos de la obra relacionados con los temas que son objeto de esta publicación. Son los siguientes:

- ✓ Maquinaria de movimiento de tierras.
- ✓ Túnel excavado con EPB.
- ✓ Hincas de tubería.
- ✓ Pozos.

Propiedad:

Proyecto:

Dirección Facultativa:

Asistencia Técnica:

Empresa Constructora:

Jefe de Obra:

**Junta de Compensación “El Cañaveral”
José Antonio Díaz Rosa - ICCP (APD Gestion)
TYPESA, APD Arquitectura
Miguel Meneguzzi-ICCP (TYPESA)
TYPESA
SANDO CONTRUCCIONES
Francisco Caballero - ICCP (Sando)**

Maquinaria de movimiento de tierras

En total se han excavado 5,4 millones de m³ de tierras, mientras que el volumen de rellenos ha alcanzado los 6,8 millones de m³.

Asimismo, se han utilizado hasta 4 equipos de excavación, 3 equipos formados por retroexcavadora de gran capacidad y camiones, y un equipo de traíllas, alcanzándose puntas de producción de 28.000 m³/día, en 2 turnos de trabajo de 10 horas (las tareas de mantenimiento se efectuaban durante las 2 horas de parada entre turnos).

En esta infraestructura se han empleado retroexcavadoras Komatsu PC 1200, Hitachi Zaxis 850 y Caterpillar 385, que cargaban dúmperes extraviales Komatsu D465 y Caterpillar 773 D. El rendimiento máximo de cada equipo ha sido de 4.000 m³/turno de 10 horas.



Equipo de Excavación

Los materiales procedentes de la excavación, arcillas marrones y peñuelas, se clasificaban en su estado natural como marginales, por hinchamiento y plasticidad. No obstante, la totalidad de las tierras procedentes de las excavaciones se aprovecharon dentro del ámbito de la obra, bien para la formación de terraplenes de viales, adecuadamente tratados con cal, o bien para la formación de motas perimetrales del entorno que conforman una barrera separadora frente a las vías de comunicación circundantes (M-45 y R-3).

La selección de materiales aptos para la formación de terraplenes se ha efectuado mediante el análisis de la densidad seca del terreno sin tratar, estableciendo un límite



Formación terraplenes

inferior para su empleo de 1,00 t/m³. Los que cumplían con el criterio de selección indicado se trataron con cal para su utilización en la formación de rellenos. Los materiales no aptos para explanadas se emplearon en la formación de las motas perimetrales. Las dotaciones empleadas fueron: 1,5% en núcleo de terraplén, 2% en suelo estabilizado tipo 1 y 3% en suelo estabilizado tipo 2.

La puesta en obra ha incluido las operaciones siguientes:

- ✓ Extendido de tongada de 30 cm de espesor mediante bulldozer tipo CAT D7.
- ✓ Riego mediante cuba de agua con aspersores.
- ✓ Extendido de cal sobre la superficie húmeda mediante cuba dosificadora.
- ✓ Mezclado y compactación mediante compactador-empujador con pata de cabra tipo CAT 825.

Túnel excavado con EPB

Los colectores de mayor tamaño, Complementario II y Ahijones II, con una longitud total de 3.900 m, han atravesado formaciones de peñuelas y yesos estratificados. Su excavación se ha realizado con una tuneladora LOVAT tipo EPB y frente mixto con posibilidad de montar cortadores para terreno duro (yesos de dureza media). El diámetro de excavación fue de 4,736 m y el interior del túnel de 4,15 m.

Dentro del túnel se ha utilizado un sistema de transporte sobre vía, para evacuar el suelo excavado hasta el pozo de ataque y llevar al frente los materiales y elementos necesarios para el revestimiento. En el back-up, una cinta transportadora recogía los materiales de la



Inicio de la Excavación



Salida de la tuneladora

salida del tornillo sin fin de la tuneladora y los descargaba en las vagonetas. Entre el pozo de ataque y el vertedero, el transporte se realizaba por medio de camiones.

El escudo tiene una longitud de 9,6 m y un peso de 200 t. Si se cuenta además el back-up, la longitud total es de 91 m y su peso 280 t.

El revestimiento del túnel está formado por anillos de 6 dovelas prefabricadas trapezoidales de 20 cm de espesor. La longitud nominal de los anillos es de 1,4 m.



Sistema de transporte en el túnel



Revestimiento con dovelas

Las dovelas se han colocado con el erector incorporado en la máquina. Los anillos, a la salida de la cola del escudo se inyectaban en el trasdós con mortero, rellenando el hueco anillo-terreno para conseguir un contacto regular suelo-estructura y la impermeabilización del túnel. La unión entre anillos se obtenía con tornillos tipo tirafondo insertados en taladros enfrentados. En todas las juntas se disponía un perfil elastomérico flexible para impermeabilización del revestimiento.

Previamente al inicio de la obra y para mejorar las condiciones de seguridad en los trabajos del túnel, SANDO realizó modificaciones en la tuneladora dotándola de una cámara de rescate con capacidad para 8 personas, 6 horas de autonomía y dimensiones máximas 4.006, 778 y 2.100 mm (largo, ancho y alto respectivamente).

Hincas de tubería

Se han construido más de 3.000 m de emisarios para la red de saneamiento, con diámetros interiores de 2.500 y 3.000 milímetros, mediante la técnica de hinca de tubería.

Se han utilizado simultáneamente hasta 4 equipos, adaptados a las características geotécnicas de los terrenos a excavar, tres de ellos escudos abiertos con rozadora o brazo de retroexcavadora de las firmas *Herrenknecht* y *Palmieri*, y un escudo cerrado tipo hidroescudo de *Herrenknecht*.

El proceso constructivo de la hinca con escudo abierto ha incluido las operaciones siguientes:

1) Trabajos previos

- ✓ Ejecución de pozo de ataque.
- ✓ Montaje de cilindros de empuje y bastidor. Conexión con su central oleohidráulica.
- ✓ Colocación de tuneladora.
- ✓ Montaje de instalación eléctrica con generador de corriente.
- ✓ Instalación del soporte del aparato de guiado láser.

2) Avance

- ✓ Se excavaba con la rozadora o brazo de la retro, mientras se cargaba la vagoneta mediante la cinta transportadora. La vagoneta era accionada por cabrestantes hidráulicos hasta el pozo de ataque, del que se sacaba el material mediante un pórtico-grúa.
- ✓ Simultáneamente a la excavación, el equipo de empuje hidráulico avanzaba desplazando la tuneladora.
- ✓ Agotado el recorrido de los cilindros, se añadía un nuevo tubo, entre el último colocado y el bastidor de empuje, y se repetía el proceso.



Excavación en el frente con rozadora

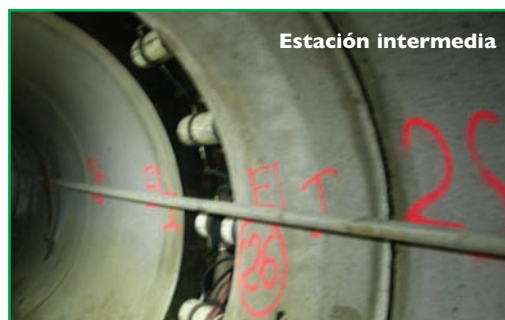


Excavación en el frente con brazo de retro



Empuje

En hincas de gran longitud se utilizaron estaciones intermedias de empuje, que se montaban entre 2 tubos especialmente diseñados para poder intercalar la virola metálica donde van alojados los cilindros hidráulicos.



Estación intermedia

La mayor parte del Colector Complementario I ha tenido que excavarse en un nivel de peñuelas donde se habían detectado lentejones arenosos con agua, dispersos en el seno de las peñuelas. Por ello se decidió utilizar en este caso un sistema de hinca con hidroescudo.

El proceso constructivo ha sido similar al seguido con escudo abierto, salvo en el sistema de transporte del material producto de la excavación. En este caso, el fluido resultante de la mezcla entre el suelo y los lodos bentoníticos se extrajo por aspiración a través de una tubería hasta superficie, donde, en un tanque de sedimentación se recuperaba el lodo para su reutilización.

Pozos

Para la realización de los pozos de registro y ventilación del Túnel-Colector de Saneamiento del Cañaveral se ha desarrollado un procedimiento constructivo basado en la técnica de excavación de pilotes, aunque el diámetro de estos pozos, de casi 3 m, superaba los valores máximos utilizados en dichos elementos de cimentación.

Los condicionantes de accesibilidad y ventilación requeridos por el Canal de Isabel II y por el departamento de Saneamiento del Ayuntamiento de Madrid, han exigido un pozo de registro cada 400 m, con una sección libre útil equivalente a un círculo de 2,00 m de diámetro.

El terreno presentaba una estratigrafía consistente en alternancias de arcillas marrones,

peñuelas y yesos tableados, en estratos muy plegados y fracturados, hasta alcanzar un nivel final de yesos masivos por los que discurre el túnel, con presencia de niveles freáticos colgados a distintas alturas. Se trata de terrenos duros y estables, aún con la presencia de agua, y muy duros en el caso de los yesos masivos.

En la excavación de los pozos, se ha empleado una perforadora AF300/CAT365, para la cual se han desarrollado herramientas de corte y limpieza específicas en función del diámetro exterior requerido, de 2,90 m, alcanzándose profundidades de hasta 38,50 m.



Una vez implantada la maquinaria se realizaba la perforación en uno o dos días, dependiendo de la profundidad total a perforar y de la cota de aparición de los yesos masivos, que han obligado en ocasiones a realizar una pre-excavación en diámetro 2,00 m, para posteriormente re-excavar con el diámetro definitivo de 2,90 m.



Después de limpiar la excavación, se introducía una camisa perdida de chapa de acero de 6 mm de espesor, de diámetro 2,80 m, que cubría toda la profundidad del pozo. Después se hormigonaba el fondo de la excavación; esta base servía de apoyo a los anillos prefabricados de hormigón armado que constituyen el acabado final del pozo.

Al amparo de la camisa, se procedía al montaje de los anillos, de diámetro interior 2,00 m y exterior 2,40 m, de abajo hacia arriba, en tramos de 4 anillos de 2,40 m de altura. Posteriormente se rellenaba de mortero tanto el espacio libre entre tubo y camisa, como el comprendido entre camisa y terreno. Este proceso se repetía hasta alcanzar la cota de superficie.

Resumen

La Urbanización de El Cañaveral, dada su magnitud y especiales características, ha exigido un amplio despliegue de medios para su construcción, entre ellos equipos de maquinaria pesada para el movimiento de tierras, modernas técnicas para la excavación de túneles de pequeño diámetro (hinca de tuberías y EPB) y procedimientos constructivos novedosos en la ejecución de los pozos.

www.sando.com

