



## PROCESO CONSTRUCTIVO



El proceso constructivo está condicionado por la necesidad de un plazo de ejecución y el causar la mínima afección posible al medio ambiente. Estas limitaciones excluyen la utilización de explosivos en la excavación y el realizar ésta por diversos puntos intermedios mediante pozos y galerías de ataque.

Teniendo en cuenta lo anterior, el método adoptado como más conveniente utiliza cuatro tuneladoras de roca extradura para excavar los dos túneles, atacando desde sus cuatro bocas. La sección circular de cada uno de estos dos túneles paralelos tiene 8,50 m de diámetro libre, mantienen entre sí una separación de 30m entre ejes y su longitud total es de 28,4 km.

Al tener que atravesar fallas de materiales poco resistentes y prever situaciones de bloqueo de las máquinas, el tipo de las tuneladoras es con doble escudo y capacidad de empuje sobredimensionada.

### EXCAVACIÓN CON TUNELADORAS

Las características de la geología de la Sierra de Guadarrama, puesta de relieve en los ensayos, indica una gran mayoría de rocas duras y abrasivas, cuya

excavación puede hacerse con dos tipos diferentes de tuneladora de roca dura (TBM).

El primero, con TBM dotada de sistemas convencionales auxiliares para el sostenimiento, y posterior revestimiento del túnel con hormigón colocado "in situ". El segundo, con TBM de "**doble escudo**", o sea, máquina albergada dentro de una coraza metálica, que le permite simultanear la excavación con la colocación de un revestimiento prefabricado que sirve de sostenimiento del terreno.

Las máquinas del primer tipo, a pesar de las mejoras incorporadas en sus sistemas para facilitar las labores de sostenimiento, no permiten simultanear la excavación con el revestimiento final del túnel, tanto sea prefabricado como moldeado "in situ".

Al no existir en la Sierra de Guadarrama problemas relacionados con la deformación y estallido de la roca por profundidad elevada, en la excavación pueden utilizarse máquinas de "doble escudo", que presentan ventajas:

- Colocación de anillos prefabricados, generalmente de hormigón armado, como elementos básicos de sostenimiento, con un sistema de instalación integrado en el conjunto de la máquina.
- Utilización de equipos de reconocimiento y tratamiento del terreno incorporados en la propia TBM.
- Rapidez de ejecución, ya que la máquina puede colocar el revestimiento de forma simultánea a la excavación.

La única limitación de un "doble escudo" reside en la imposibilidad de excavar trazados en curva con radios menores de 50 diámetros, aproximadamente, caso que no se da en un túnel ferroviario de alta velocidad.

### EXCAVACIÓN CON TUNELADORA DE DOBLE ESCUDO

En roca de competencia media, e incluso medio-baja, el avance se hace con el escudo delantero a favor del empuje creado por la reacción de los "grippers" o codales hidráulicos contra las paredes de roca, lo que permite excavar y, al mismo tiempo, colocar el revestimiento prefabricado con



	Cabeza de tuneladora		Escudo exterior		Escudo posterior
	Codales		Dovelas		Acción tuneladoras



el escudo trasero. Hecho esto, se recogen los codales hidráulicos y el equipo de escudo desplaza la máquina a la posición de inicio de un nuevo ciclo. Con ello se logran los ritmos máximos posibles de avance.

En roca de baja competencia, el empuje no puede hacerse por reacción de los codales hidráulicos contra las paredes, y por ello se mantienen recogidos. La máquina trabaja como un escudo simple, es decir, generando el empuje por presión de los cilindros perimetrales contra el revestimiento ya colocado, protegiendo toda la excavación con el escudo metálico que se desliza entre la pared excavada y los anillos del revestimiento. El ciclo de avance tiene dos tiempos: excavación y posterior colocación del anillo de revestimiento; en este modo de excavación el rendimiento se reduce.

Finalmente, la protección metálica que constituye la coraza o escudo permite el paso, sin excesiva dificultad, de la práctica totalidad de las fallas, excepto en casos como el de la falla de la Umbría u otros similares, en los que puede requerirse el tratamiento previo del terreno.

### RELLENO DE TRASDÓS

Terminado el proceso de colocación de dovelas, se procede al relleno del hueco entre el trasdós de las dovelas y el terreno, mediante la inyección de lechadas, morteros y hormigones finos, según las dimensiones del espacio existente. Este macizado contribuye tanto a la resistencia estructural como a la reducción de posibles filtraciones.

