

Revista Técnica  
de Maquinaria  
y Obra Pública

# Obras Urbanas

enero - febrero 2018  
número 67

Láser Escáner Profesional  TOPCON



| Drones | Túneles | Construcción | Maquinaria |

# Dovelas de hormigón prefabricado para revestimiento de túneles

*José Ángel Martín Grima, Ingeniero de Camino, Canales y Puertos; Delegado de Materiales, Área de Materiales; SORIGUÉ  
Rosa Pérez Luna, Licenciada en Física; Rble. Producción, Área de Materiales; SORIGUÉ  
Con la colaboración de:  
Antonio Tosal López, Ingeniero de Minas; UTE ACCESO AEROPUERTO DE BARCELONA*

## I. INTRODUCCIÓN

Sorigué es un grupo empresarial solvente y dinámico, referente en los sectores de la tecnología y la ingeniería del agua, los servicios, la construcción y los materiales, con una clara apuesta por la innovación y una vocación de retorno a la sociedad.

Fundado en 1954, tiene su origen en la producción de áridos y el tratamiento de asfaltos. Durante estas décadas, Sorigué ha experimentado una constante expansión que, junto al incremento del volumen de negocio, del equipo humano y los medios propios, se ha traducido en la diversificación de sus áreas de actividad. En estos 60 años, el grupo ha sabido evolucionar respondiendo a las demandas del mercado, manteniendo relaciones solventes con sus clientes y proveedores, lo que le ha permitido a su vez realizar una continua reinversión en sus recursos técnicos y humanos.

La compañía mantiene una posición de vanguardia tanto en el desarrollo de nuevos productos como en métodos de producción: una evolución constante con el objetivo de crear valor en cada proceso y de innovar continuamente a través de la excelencia. Sorigué ha desarrollado un modelo integral de negocio, tiene delegaciones en las principales ciudades españolas y desarrolla su actividad en todo el territorio nacional. También, ha llevado a cabo importantes proyectos a nivel internacional.

Sorigué fabrica las dovelas de hormigón prefabricado para el revestimiento del túnel del proyecto “Nuevo Acceso a la Nueva Terminal del Aeropuerto de Barcelona. Red de Cercanías de Barcelona”. La mejora y adaptación del acceso ferroviario al Aeropuerto de El Prat en Barcelona ha

sido objeto de especial atención en los últimos años, vinculada inexorablemente a la penetración de la Línea de Alta Velocidad Madrid – Barcelona – Frontera Francesa (con la consecuente reordenación del conjunto de la red ferroviaria), y a las obras de ampliación del Aeropuerto cuyo hito fundamental ha sido la nueva Terminal T1.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo fundamental del Proyecto “Nuevo Acceso a la Nueva Terminal del Aeropuerto de Barcelona. Red de Cercanías de Barcelona” es dotar al Aeropuerto de Barcelona de una comunicación ferroviaria, con parada en ambas Terminales, de forma que queden conectadas entre sí y con la red de cercanías de Barcelona.

La solución proyectada consiste en una doble vía que comienza a la salida de la nueva Estación Intermodal de El Prat, y finaliza en la nueva Terminal Sur (T1) del Aeropuerto de Barcelona, con una longitud total de 4.495 m, de los cuales 3.385 m estarán soterrados.

El nuevo acceso contará con estaciones en las dos terminales del Aeropuerto de Barcelona. La primera parada se sitúa en el futuro Intercambiador Multimodal de la T2, desapareciendo la actual pasarela de conexión entre la actual Estación de Cercanías y la T2. A continuación, el trazado discurre bajo el campo de vuelo para posteriormente conectar con la Nueva Terminal Sur (T1). La obra está a cargo de la UTE conformada por las empresas Sacyr, Ferrovial y Copcisa.

## 2.1 Elementos más significativos del proyecto

Los elementos más significativos del acceso ferroviario al Aeropuerto de Barcelona son los siguientes:

- Túnel excavado con tuneladora tipo EPB (Earth Pressure Balanced) de escudo presión de tierras en el frente, de 10.60 m de diámetro de excavación y 9.60 m de diámetro interior, en una longitud de 1.364 m antes de la estación multimodal y 1.466 m después, haciendo un total de 2.830 m.
- Pantallas y muros en la rampa de emboquille, en 785 m.
- Falso túnel entre pantallas en 263 m.
- Pozo de emboquille de la tuneladora
- Estructura de la Estación Multimodal en la T2 hasta nivel de la cota de calle
- Salidas de emergencia del túnel, cuya evacuación se realiza hacia el exterior en el lado tierra, y en el lado aire, mediante conexión con la futura galería inferior del túnel
- Prolongación del drenaje existente y reposición de las acequias afectadas
- Tratamientos del terreno a base de Jet Grouting tanto en el fondo de excavación, como para proteger elementos existentes y emboquillar la tuneladora
- Instrumentación necesaria prevista en el Plan de Auscultación y Control para controlar el movimiento de las estructuras y el comportamiento de los terrenos anejos.
- Pozo de extracción de la tuneladora.

## 2.2 Método constructivo del túnel

La tuneladora seleccionada es un escudo de presión de tierras de 10,60 m de diámetro de excavación que, de acuerdo con el trazado previsto, deberá ser capaz de trazar curvas en planta de 250 m de radio mínimo. Aunque el trazado del túnel de El Prat tiene como radio mínimo 365 m, la máquina ha de ser capaz de realizar radios menores, para tener holgura en caso de posibles desvíos.

El revestimiento del túnel está formado por dovelas de hormigón prefabricado. Estas dovelas son de 1,6 m de longitud y 32 cm de espesor, que conformarán un anillo de tipo universal de 7 piezas con diámetro interior de 9,60 m.

La tuneladora está compuesta por la cabeza de corte y su accionamiento, escudo delantero, escudo de cola y erector de dovelas para la colocación del



**Escudo delantero**

anillo de hormigón prefabricado. Por otro lado, el resto de la máquina lo compone el back up, donde se alojan todas las instalaciones necesarias para el funcionamiento de la máquina.



**Preparación tuneladora antes del arranque**

Esta máquina del tipo E.P.B. (Earth Pressure Balance) también conocidos como “escudos de presión de tierra”, se emplean especialmente en terrenos cohesivos con una alta porción de arcilla, barro o limo, los cuales acusan una baja permeabilidad al agua. Con los escudos EPB, el terreno excavado por la rueda es almacenado en una cámara cerrada situada detrás de la rueda de corte y sacado al exterior a través de un tornillo sinfín, estableciéndose un equilibrio entre el material que sale y el que entra en la cámara debido al avance la tuneladora.

En teoría el equilibrio así logrado no solamente evita la desestabilización del frente sino que se minimiza las variaciones tensionales del terreno, eliminándose, en gran medida, los asientos en superficie debidos a la descompresión del frente

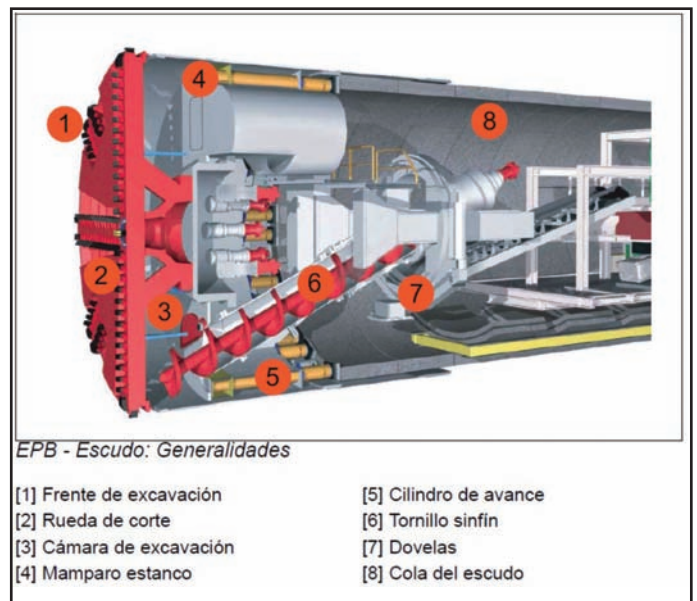


Como modo operativo de la excavación el terreno se desmonta del frente [1] valiéndose de la herramienta de la rueda de corte en rotación, y se empuja a través de las aberturas de la rueda de corte [2] hacia la cámara de excavación [3]. Allí el terreno se mezcla con la tierra plastificada ahí disponible. La fuerza de los cilindros de propulsión se transmite a través del mamparo estanco [4] a la tierra plastificada, evitando así una penetración incontrolada del terreno del frente a la cámara de excavación.

El material excavado se transporta por medio del tornillo sinfín [6] fuera de la cámara de excavación bajo presión, acarreándose al túnel el cual se encuentra bajo presión atmosférica. Para que la transición del material de la salida del sinfín a la cinta transportadora se pueda efectuar sin necesidad de utilizar una esclusa, la tierra deberá tener una baja

permeabilidad al agua, de forma que se evite una corriente a través del tornillo sinfín.

El revestimiento del túnel, ejecutado con dovelas de hormigón armado prefabricado [7], se monta en la zona del escudo detrás del mamparo estanco en condiciones de presión atmosférica. El espacio que queda entre la parte exterior de la dovela y el diámetro de excavación es inyectado continuamente con mortero mediante aberturas de inyección en la cola del escudo [8].

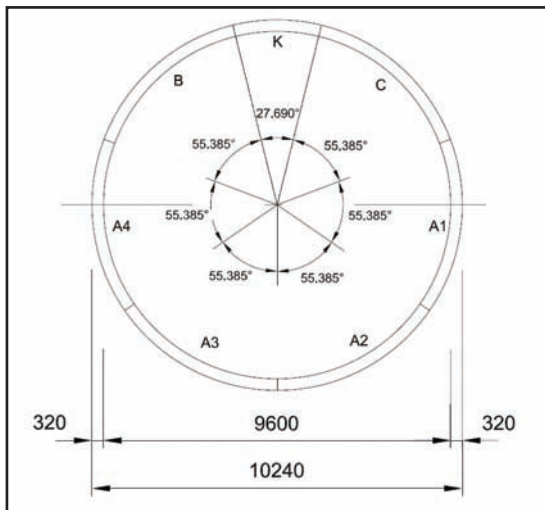


### 3. FABRICACIÓN DEL REVESTIMIENTO DEL TÚNEL

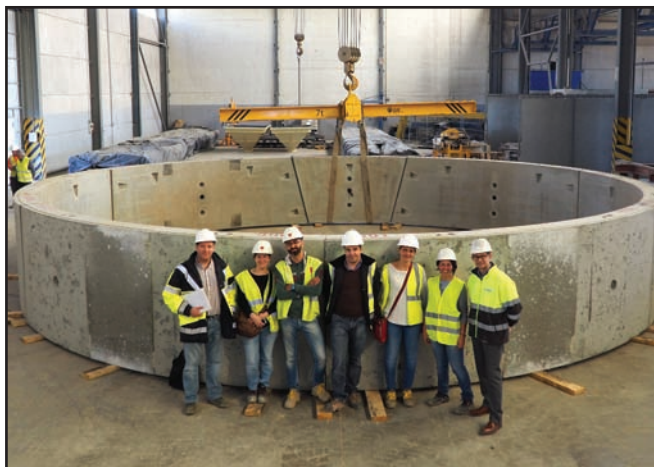
Sorigué se ha responsabilizado de la fabricación de las dovelas de hormigón prefabricado del revestimiento del túnel, desde sus instalaciones del complejo industrial La Plana del Corb, en Balaguer (Lleida). La producción se inició en abril del 2017.

El revestimiento del túnel está formado por unos 1.950 anillos, con las siguientes características técnicas:

- Tipo de anillo: Universal
- Diámetro exterior del anillo: 10,24 m
- Diámetro interior del anillo: 9,60 m
- Espesor de las dovelas: 0,32 m
- Longitud media del anillo: 1,6 m
- Semiángulo entre juntas del anillo: 0,134287°
- Número de dovelas (incluida llave): 7
- Posiciones de la llave: 13
- Ángulo abarcado por la pieza llave: 27,69°
- Ángulo abarcado por una dovela: 55,38°



**Definición geométrica del anillo de dovelas (Cotas en mm)**



**Anillo maestro fabricado en instalaciones SORIGUE abril 2017 (Técnicos de SORIGUE, UTE ACCESO AEROPUERTO DE BARCELONA y Dirección de Obra)**

Para el dimensionamiento estructural del anillo se han tenido en cuenta las diferentes acciones a las que estarán sometidas las dovelas: acciones debidas al terreno, manipulación de la dovela, fabricación y desencofrado, almacenamiento de dovelas y empuje de los gatos. Estas acciones son independientes y, por este motivo, se han considerado por separado en el proceso de cálculo.

Las características de los materiales principales de las dovelas son las siguientes:

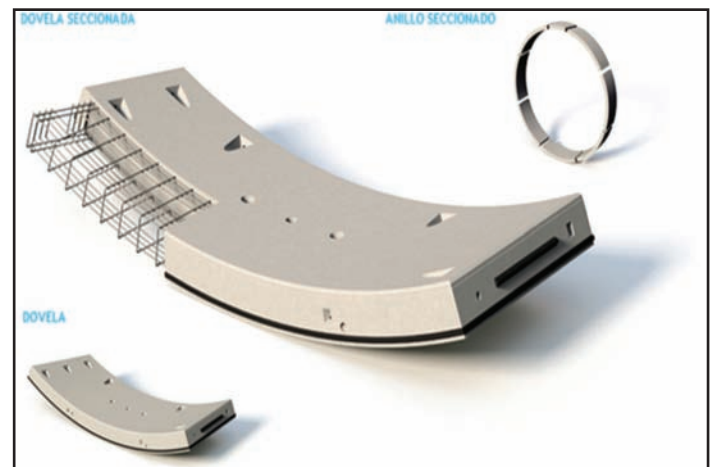
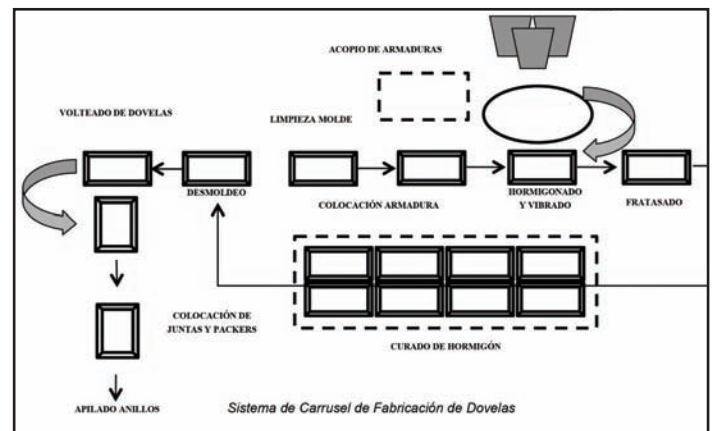
- Hormigón: HA-45/P/20/IIa+Qa
- Acero en armaduras: B-500-SD

Para la fabricación del hormigón se emplearon fibras, tanto de acero como de polipropileno. Los

áridos son procedentes de la grava de Sorigué ubicada en el mismo recinto industrial.

En Sorigué disponemos de una fábrica de dovelas totalmente equipada. La instalación de un sistema de fabricación en carrusel. Las principales ventajas de este sistema de fabricación de dovelas son las de todo el proceso productivo en cadena:

- alta especialización de los operarios de fabricación
- productividades elevadas
- se mantienen unos niveles altos de calidad



### 3.1 Descripción del proceso productivo

La fabricación de dovelas de hormigón prefabricado consta de diferentes fases que pasamos a describir a continuación:

#### Fase I: Montaje de las armaduras de acero de las dovelas.

Los diferentes componentes que forman las armaduras son suministradas según despiece. Se ensamblan utilizando unos bancos de montaje que definen las posiciones de las diferentes barras que

forman la jaula armada. Todas las uniones de las barras se realizan mediante soldadura, para garantizar la rigidez del conjunto y evitar deformaciones durante el proceso de hormigonado.

Las armaduras son revisadas dimensionalmente antes de ser introducidas en el proceso de fabricación.



Zona de montaje de armadura

### Fase 2: Alimentación de la noria con armaduras.

Una vez montadas y revisadas las armaduras pasan a una noria horizontal. La noria consta de 7 posiciones, para el posicionamiento de las diferentes tipologías de dovela que forman el anillo del túnel. Esta noria va girando, de forma que deja en posición la dovela que corresponda al molde en el que va a ser colocada. En cada posición se acopiarán cinco armaduras como máximo.



### Fase 3: Colocación de la armadura en molde.

Para esta obra específica se dispone 5 juegos de moldes, donde cada juego corresponde a los moldes necesarios para la fabricación de un anillo. Los diferentes moldes se desplazan por el carrusel o cadena de montaje a los largo de unos railes.

La primera posición del carrusel corresponde al punto en el que el molde está situado a la altura de

la noria, momento en el que se introduce la armadura en el molde. Una vez centrada la armadura en el interior del molde, se procede al cierre del molde. Aquí se colocan los casquillos de unión entre dovelas y anillos, y se ajusta la armadura para mantener los recubrimientos.

La correcta colocación de las armaduras en moldes es de suma importancia, pues debe asegurarse el recubrimiento libre de las armaduras de 5,5 cm, prescrito por el proyectista.



Colocación de la armadura en el molde correspondiente

### Fase 4: Hormigonado y vibrado.

El molde con su armadura avanza hasta la cabina de hormigonado, donde se realiza el llenado del molde. La fabricación del hormigón se realiza en una central de hormigonado adosada a la fábrica de dovelas, destinada exclusivamente a este uso. Dicha planta está dotada de un sistema informático que permite la fabricación en continuo del hormigón.

El vertido del hormigón se realiza por la parte central del molde. Los moldes viene provistos de unos vibradores neumáticos para el garantizar el reparto homogéneo y compactación del hormigón. El proceso de hormigonado de la dovela es continuo, garantizando la correcta distribución del hormigón dentro del molde.



Cabina de hormigonado automatizada



Posición del molde en la cabina de hormigonado

### Fase 5: Fratasado.

En esta fase se realiza la limpieza de restos de hormigón fresco adheridos en molde y se mejora el acabado superficial del trasdós.



### Fase 6: Curado forzado del hormigón.

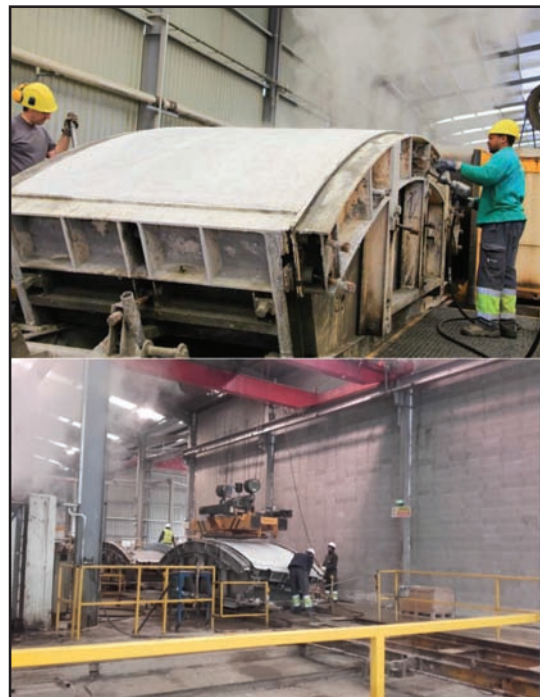
Las dovelas son introducidas en un túnel de curado. En su interior, las dovelas son sometidas a un fraguado forzado en una ambiente de elevada temperatura (entre 40 y 50 °C) y saturado (100% de humedad). Este proceso permite obtener de forma acelerada la resistencia mínima de desmoldeo (20 MPa), con el consiguiente mejora de las productividades.

### Fase 7: Desmoldeo.

Una vez salen las dovelas del túnel y comprobado que se ha alcanzado la resistencia mínima, se procede al desmoldeo de la pieza. Esta operación se realiza mediante una pinza de vacío



Salida del túnel de curado



Traslado de Dovelas hacia la volteadora



A través de un sistema automático de ventosas se transportan las dovelas hasta la volteadora

## Fase 8: Volteadora y línea de evacuación.

Una vez desmoldeada, la pieza prefabricada es volteada. En la línea de evacuación y antes de salir de fábrica, se procede a la colocación de packers y juntas de estanqueidad.

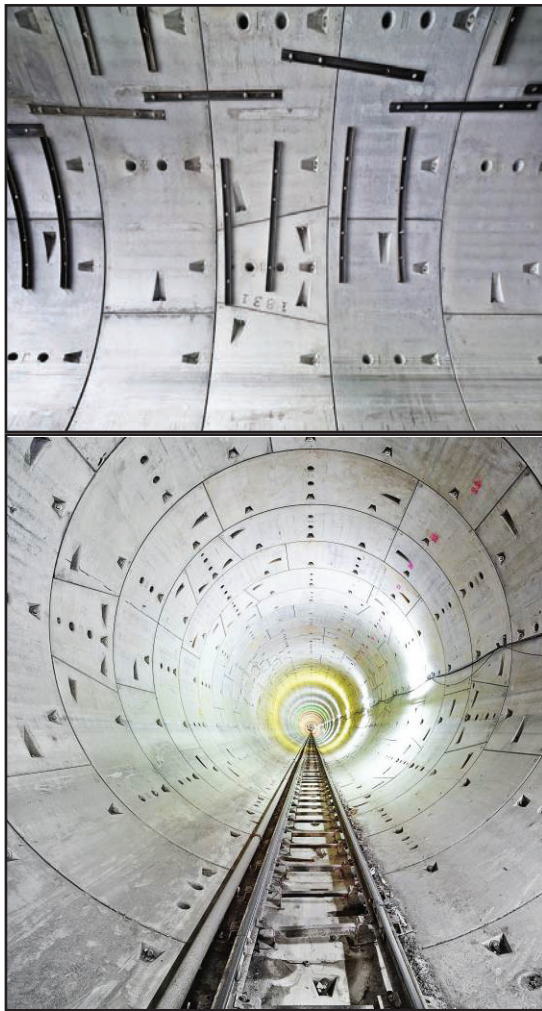


## Fase 9: Acopiado final, previo a la carga de camiones.

Las dovelas se acopian formando el anillo completo identificado en una zona específica. Estos anillos ya están preparados para su expedición a obra. El transporte a UTE ACCESO AEROPUERTO se realiza a por la empresa de transporte del grupo empresarial.







## 3.2 Principales Obras.

Las principales obras de fabricación de revestimiento de túneles en las que Sorigué ha participado son:

AÑO INICIO	OBRA	ANILLOS+DOV. BASE	DIÁMETRO	LONGITUD OBRA
2006	UTE CANAL DE NAVARRA	2.890	5.400 int 5.900 ext	4,00 Kms
2006	UTE TUNELADORA METRO	9.119	8.430 int 9.070 ext	13,60 Kms
2007	UTE LINEA 9	3.700	10.900 int 11.600 ext	10,60 Kms
2008	UTE GORG-MANDRI	8.870 + 6.303	10.900 int 11.700 ext	16,00 Kms
2008	ATLL	8.458 + 4.130	5.200 int 5.700 ext	11,9 Kms
2008	UTE TUNEL OLIOLA	5.800	5.900 int 5.600 ext	7,00 Kms
2010	UTE TUNEL SABADELL	4.568	6.000 int 6.500 ext	6,40 Kms
2011	UTE GARRIGUES TRAMO V	12.341 + 4.126	3.500 int 3.900 ext	3,70 Kms

[www.sorigue.com](http://www.sorigue.com)



# soriguē

C/ Alcalde Pujol, 4 - 25006 Lleida  
 Teléfono: +34 973 706 100  
 Mail: [sorigue@sorigue.com](mailto:sorigue@sorigue.com)  
 Web: [www.sorigue.com](http://www.sorigue.com)

*Sorigué es un grupo empresarial solvente y dinámico, referente en los sectores de la tecnología y la ingeniería del agua, los servicios, la construcción y los materiales, con una clara apuesta por la innovación y una vocación de retorno a la sociedad.*

*Prefabricados de Hormigón: un Proyecto, una Solución*

