

Falsos túneles prefabricados. Experiencia y fiabilidad de los mismos

Rufino López Hoyos, Director de Ingeniería. Adhorna Prefabricados, S.A.



El presente artículo describe de manera somera las principales tipologías de falsos túneles prefabricados que existen en el mercado actual. Como se podrá observar abarcan un gran abanico de soluciones, llegando incluso a equiparar a la “flexibilidad” que se obtiene con los ejecutados in situ.

Como ventajas, aparte de la capacidad de solvencia, se unen una serie de factores intrínsecos del prefabricado entre los que se encuentran:

- La minimización de costes y plazos de entrega,
- La reducción de los riesgos de seguridad en obras,
- La disminución de los residuos en el período de ejecución,
- El control de calidad intenso en fábrica,
- La posibilidad de conseguir acabados arquitectónicos,
- La posibilidad de encontrar soluciones a medida de cada cliente al contar con departamentos de ingeniería capaces de desarrollar soluciones precisas para cada obra.
- En esta tipología estructural juega un papel primordial la geotecnia, es por ello que gracias a la amplia experiencia en el diseño de estructuras enterradas contrastada con la puesta en servicio de las mismas permite que la industria del prefabricado diseñe estructuras de acorde a la realidad de cada obra.

Los falsos túneles (o túneles artificiales) son estructuras ampliamente utilizadas dentro del campo de la obra civil.

Se trata de estructuras enterradas, que han sido implantadas en una excavación realizada previamente y posteriormente repuesta sobre la propia estructura cumpliendo con una serie de requisitos geométricos y estructurales



Cajón hiperestático de dimensiones reducidas (5x4)

Existe mucha variabilidad en cuanto a geometría, secciones y rellenos, y se pueden clasificar en base a los dos condicionantes antes indicados



Cajón totalmente hiperestático de dimensiones 12,50x5,50 con hastiales nervado y dintel sección doble T.

a.- Requisitos geométricos

a1.- Requisitos geométricos de la sección:

- Gálibos de paso en caso de obras de carretera o ferroviarias.
- Sección hidráulica en obras de drenaje
- Requerimientos geométricos para el tránsito de animales en los pasos de fauna

a2.- Geometría externa del paso (según la función que van a desempeñar dentro de la infraestructura):

- Pasos superiores de obras lineales (carreteras, ferrocarriles, canales, etc...)
- Pasos de fauna
- Prolongación de túneles excavados, en este caso se denominan emboquilles, en los cuales se respeta la geometría interior de aquel.

b.- Requisitos estructurales:

En función de las necesidades geométricas del paso se diseñan las posibles soluciones que mejor se adaptan al problema. Seguidamente hay que tener en cuenta los factores que podríamos denominar estructurales. En estos requisitos podríamos englobar los siguientes parámetros:

- Relleno de tierras tanto mínimo como máximo sobre la cota superior de la estructura.
- Forma de relleno de la estructura, en especial, se analizará la simetría de esfuerzos debido a las tierras.
- Sobrecargas de tráfico actuando sobre el falso túnel teniendo en cuenta la cobertura de tierras.
- Parámetros geotécnicos del relleno.
- Análisis del terreno de cimentación donde se instalará el falso túnel.

Con todos estos requisitos fundamentales, tanto estructurales como geométricos, se realiza un diseño iterativo para adaptar la solución más idónea a cada problema. Realmente, existe una vinculación muy importante entre la geometría de la sección adoptada y las cargas actuantes sobre la misma, y uno de los éxitos del diseño de estas, pasa precisamente por comprender esta relación

Después de todo esto, se puede intuir que el número de soluciones prefabricadas para cada falso túnel puede ser tan variado como el número de proyectistas y de empresas que intervengan en la concepción del mismo.

Es por ello, que generalmente para cada falso túnel no existe una única solución idónea, y es habitual que una buena solución deje de ser factible ante pequeñas modificaciones de determinadas variables. Es por ello que consideramos necesario hacer un estudio pormenorizado en cada uno de los casos analizados

Desde su origen, la industria del prefabricado ha evolucionado constantemente con unas directrices generales que han sido: ofrecer al mercado soluciones competitivas tanto por precio como en servicio. Hoy en día, fruto de esa evolución, se puede afirmar que las soluciones prefabricadas pueden solventar prácticamente cualquier tipología estructural, aunque también es cierto que para ello haya que combinar en ocasiones piezas prefabricadas con elementos in-situ

A continuación pasamos a describir las tipologías fundamentales de falsos túneles prefabricados función de su forma:



Cajón hiperestático de dimensiones interiores 16x7,20 metros, resuelto mediante hastiales macizos, losa cimentación in-situ y dintel binervado.

1.- Sección rectangular (pórtico):

Esta solución es la idónea cuando la cobertura de tierras sobre el túnel varía entre el paquete de firmes y una cobertura máxima de entorno a los 3 metros de tierra. Esto también depende de la luz del paso a analizar.

En cuanto a la tipología estructural puede ser muy diversa, ya que las variables que intervienen en la concepción del mismo son numerosas:

■ **Cimentación:**

Puede ser losa de cimentación o zapatas aisladas. En cuanto a su ejecución puede ser prefabricada, in-situ o mixta.

■ **Hastiales:**

Al igual que la cimentación, pueden ser tanto in-situ como prefabricados. En este caso la forma de los mismos puede ser maciza, nervada, de canto variable mediante la ejecución parcial in-situ del hastial, etc...

■ **Dintel:**

Debido a las ventajas que ofrece el prefabricado, esta es la pieza más interesante del sistema, pudiendo ser totalmente prefabricada (luzes pequeñas hasta 7 metros aprox.) o mixta (combinando pieza prefabricada con hormigón in-situ).

En cuanto a la geometría interior de la misma, puede ser plana o nervada. El techo plano se puede solventar con losas macizas y losas nervadas.

Las losas con aspecto nervado suelen ser los pórticos resueltos con vigas prefabricadas. En cuanto a la sección transversal final del dintel (una vez ejecutada la posible capa de compresión) esta puede ser maciza, en "doble T" o simplemente en "T".

Otra variable que caracteriza a los pórticos es el número de vanos del mismo. En caso de ser múltiple, debe añadirse una pieza denominada hastial central que, al igual que los hastiales laterales, puede ser prefabricada o in-situ. En cuanto a su geometría puede ser un apoyo corrido con o sin huecos, o puntual mediante la colocación de pilas.

Respecto a su comportamiento estructural pueden ser soluciones isostáticas, en las cuales el ensamblaje de piezas normalmente se resuelve mediante rótulas e incluso soluciones totalmente hiperestáticas (para ello se deben diseñarse nudos capaces de transmitir correctamente los esfuerzos entre las diferentes piezas a unir).

2.- Túneles abovedados

La forma abovedada es la geometría fundamental de los túneles. Estas se realizan generalmente para soportar importantes cargas de tierras y, desde el punto de vista del



Proceso ejecución del emboquille prefabricado (dovelas triarticuladas) de la boca sur del falso túnel del Perthus de la L.A.V. Figueres-Perpignan. Diseñado el mismo para evitar el boom sónico del tren de alta velocidad.(1/2)

prefabricado se estudian de tal forma que el comportamiento de las mismas sea el óptimo-razonable para cada obra, jugando para ello con la geometría de la misma.

En cualquier caso también se puedan adaptar a la geometría requerida, como ocurre en el caso de los túneles en mina que son prolongados mediante emboquilles

De la misma forma que en las tipo pórtico (rectangulares), las formas abovedadas pueden llegar a solventar proyectos con las mismas garantías que las soluciones in-situ.

En cuanto a las soluciones estructurales, estas pueden ser diversas en función del número de rotulas que posean.

- Soluciones tri-articuladas: poseen tres rótulas, generalmente dos de ellas en la base de la dovela y una en la clave.
- Soluciones bi-articuladas. Se caracterizan por poseer dos rótulas. La posición de las mismas respecto al eje del túnel es variable en función de cada tipología estructural.

- Soluciones con una rótula: es una solución poco habitual pero resulta factible.

- Soluciones sin rótulas, de tal forma, que se pueda considerar la misma como una estructura totalmente hiperestática. Para ello hay que materializar nudos de encuentro entre piezas prefabricadas y de estas con las estructuras in-situ.

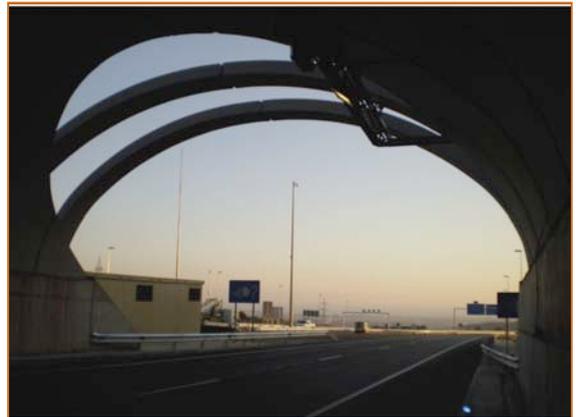
Es habitual la utilización de partes mixtas "in situ"- prefabricado, ya que en ocasiones el tamaño del paso es muy grande y hacen inviable su transporte

Análogamente, cuando la carga de tierras en esta tipología de estructuras es importante, la cimentación adquiere tamaños importantes, siendo en general antieconómica la solución exclusivamente prefabricada

Hay que destacar que en los falsos túneles abovedados, hay una serie de condicionantes como son la forma, cobertura de tierras, simetría o no de carga de tierras, la forma en que se haga trabajar al terreno circundante, que

(2/2) Aspecto final de la obra.





Falso túnel de 600 metros en la LAV Madrid-Barcelona en Vendrell. Bóveda triarticulada sobre hastiales hormigonados contra la excavación. Pico de flauta tipo arco o con costillas. Derecha: emboquille Eix Diagonal.



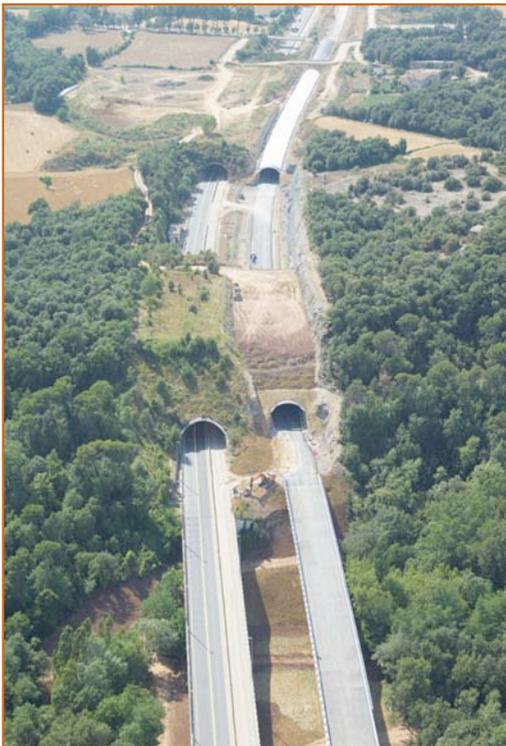
Paso de fauna de 20 metros de luz en la LAV Barcelona-Figueras. Cimentación resuelta mediante contra-bóveda.



Falso túnel doble de 400 metros de longitud cada ojo en el tramo Lleida-La Cerdera. Solución estructural falso túnel triarticulado. Dcha Emboquille la LAV en la Y vasco (tramo vizcaíno)



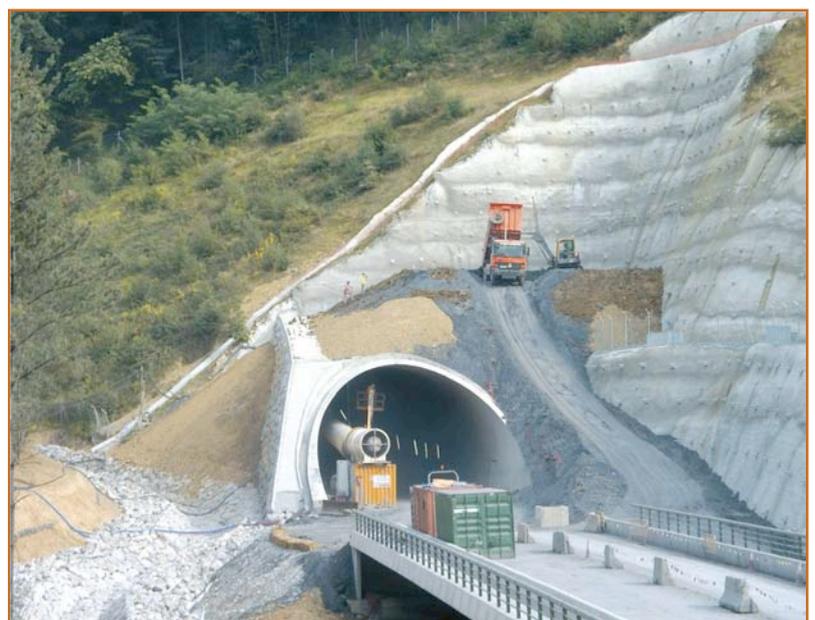
Falso túnel doble de Encamp (Andorra).



Falso túneles biarticulados. Falso túnel de Coll de Revell y de Sant Julia (Eix Transversal)

juegan un papel primordial. Es por ello que el método de cálculo es importante a fin de que el diseño sea correcto al comportamiento estructural real del conjunto terreno-estructura.

El diseño de la solución estructural debe considerar todos los parámetros que intervienen en el mismo jugando un papel fundamental la interacción terreno estructura. Adhorna recomienda utilizar para ello métodos de cálculo contrastado por la experiencia y siempre realizar un análisis de sensibilidad del diseño.



Emboquille en la Y vasca tramo Ezkio-Ezkio (solución totalmente hiperestática).

www.adhorna.es