

---

## **ANEJO Nº6.- ESTRUCTURAS Y TÚNELES**



**ÍNDICE**

1.- INTRODUCCIÓN.....	1	3.2.- Túneles Proyectosados .....	17
2.- ESTRUCTURAS.....	1	3.3.- Tipología de los túneles .....	18
2.1.- Geometría y tipología de las estructuras.....	1	3.4.- Sección geométrica y funcional.....	21
2.1.1.- Puentes y viaductos de ferrocarril.....	1	3.5.- Sistemas constructivos .....	22
2.1.1.1.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Doble - Luz Máxima 20 metros.....	1	3.5.1.- Túneles en mina .....	22
2.1.1.2.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Doble - Luz Máxima 30 metros.....	2	3.5.2.- Método convencional .....	22
2.1.1.3.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Doble - Luz Máxima 40 metros.....	2	3.5.2.1.- Filosofía general del método a emplear .....	22
2.1.1.4.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Única - Luz Máxima 20 metros.....	3	3.5.2.2.- Fases de excavación .....	23
2.1.1.5.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Única - Luz Máxima 30 metros.....	3	3.5.2.3.- Ciclos de trabajo .....	23
2.1.1.6.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Única - Luz Máxima 40 metros.....	4	3.5.3.- Método de excavación .....	24
2.1.2.- Pérgolas del ferrocarril.....	4	3.6.- Falsos túneles .....	24
2.1.3.- Viaducto del PK 0+615 (Ramal Valencia – Alicante) – Alternativa 6C.....	5	3.6.1.- Túneles entre pantallas.....	24
2.1.4.- Pasos superiores .....	5	3.6.2.- Falso túnel en bóveda.....	26
2.1.4.1.- Pasos superiores de carreteras.....	5	3.7.- Sostenimientos.....	27
2.1.4.2.- Pasos superiores de caminos .....	6	3.7.1.- Hormigón proyectado.....	27
2.1.5.- Pasos inferiores .....	7	3.7.2.- Refuerzo de hormigón proyectado.....	27
2.1.5.1.- Pasos inferiores de carreteras .....	7	3.7.3.- Bulones.....	28
2.1.5.2.- Pasos inferiores de caminos .....	7	3.7.4.- Cerchas .....	28
2.2.- Estructuras propuestas .....	8	3.7.5.- Maquinaria utilizada .....	29
2.2.1.- Viaductos y pérgolas de ferrocarril.....	8	3.8.- Emboquilles.....	31
2.2.2.- Pasos Superiores.....	12	3.8.1.- Criterios Generales .....	31
2.2.3.- Pasos Inferiores .....	15	3.8.2.- Taludes provisionales .....	31
3.- TÚNELES.....	17	3.8.3.- Taludes definitivos .....	31
3.1.- Introducción.....	17	3.9.- Resumen de túneles .....	32



## 1.- INTRODUCCIÓN

En este Anejo se realiza una descripción de las diferentes estructuras que aparecen en las alternativas estudiadas en la presente fase a escala 1:5.000 del “Estudio Informativo de la Línea Ferroviaria Valencia – Alicante (Tren de la Costa)”.

El objetivo principal del Anejo será llegar a establecer una valoración económica con la precisión adecuada a la escala de estudio, por lo que la definición estructural de los elementos analizados será únicamente geométrica, sin alcanzar el grado de detalle de un proyecto constructivo, pero sí servirá para realizar la evaluación de los costes con una base lo suficientemente aproximada.

El presente Anejo incluirá un catálogo en el que aparecerán viaductos, pérgolas y pasos de carretera y caminos (superiores e inferiores).

Se han dividido las estructuras según las alternativas estudiadas. Al final del presente Anejo se incluyen cuadros resumen con todas las estructuras proyectadas y sus principales características.

Se han considerado como las más adecuadas a las características de las obras de fábrica objeto de este Anejo, las estructuras de hormigón, armado y pretensado, convencionales, tanto desde el punto de vista económico como del resistente, aunque esto no implica que en algún caso concreto, otro tipo de solución pueda resultar más aconsejable.

## 2.- ESTRUCTURAS

### 2.1.- Geometría y tipología de las estructuras

#### 2.1.1.- Puentes y viaductos de ferrocarril

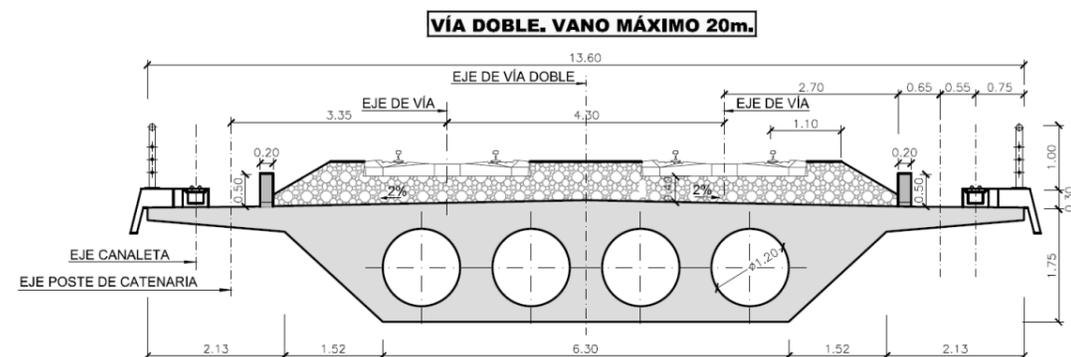
La plataforma ferroviaria en las estructuras contará con 13,60 m de anchura y 4,30 m de entreje, en los casos de vía doble, mientras que en aquellos ramales o tramos duplicados en los que se proyecta vía única la anchura del tablero será de 8,50 m, dando continuidad de este modo a la plataforma de los tramos en tierras. Se distinguen tres tipologías de viaductos para cada ancho de tablero atendiendo a la máxima luz de vano: hasta 20 m, entre 20 y 30 m y entre 30 y 40 m. Las secciones previstas se encuentran en los planos de secciones tipo.

##### 2.1.1.1.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Doble - Luz Máxima 20 metros

Para este caso se ha considerado una sección tipo que está constituida por un tablero en losa de hormigón postensado formada por un núcleo central y voladizos laterales hasta completar el ancho total del tablero.

El núcleo central va aligerado mediante aligeramientos cilíndricos longitudinales de sección transversal circular. Las principales características de esta sección tipo son:

- Canto de losa 1,75 metros (luz/canto = 11,4)
- Longitud de voladizos extremos = 2,13 m
- Aligeramientos circulares de 1,20 m de diámetro

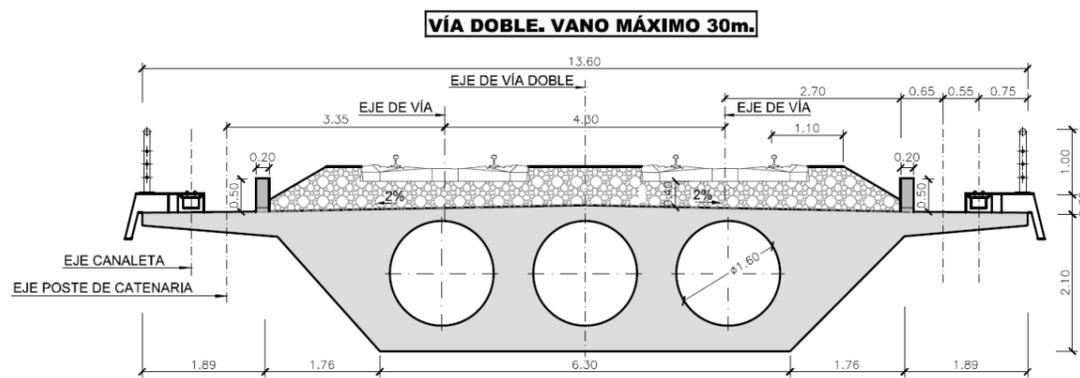


2.1.1.2.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Doble - Luz Máxima 30 metros

Para este caso se ha considerado, al igual que en el caso anterior, una sección tipo que está constituida por un tablero en losa de hormigón postensado formada por un núcleo central y voladizos laterales hasta completar el ancho total del tablero.

El núcleo central va aligerado mediante aligeramientos cilíndricos longitudinales de sección transversal circular. Las principales características de esta sección tipo son:

- Canto de losa 2,10 metros (luz/canto = 14,2)
- Longitud de voladizos extremos = 1,89
- Aligeramientos circulares de 1,60 m de diámetro

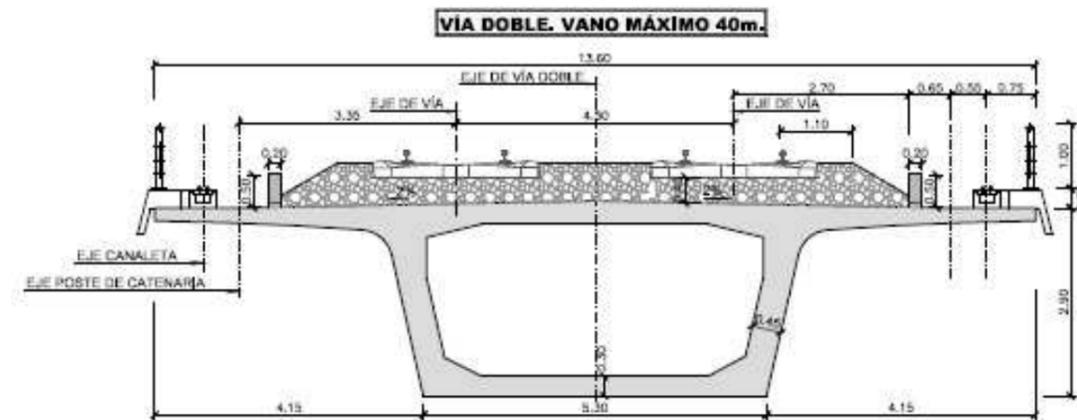


2.1.1.3.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Doble - Luz Máxima 40 metros

Para este caso se utilizan tableros de hormigón postensado con sección transversal en cajón y voladizos laterales, construida bien "in situ", mediante cimbra, o bien mediante la técnica de tablero empujado.

Las principales características de esta sección tipo son:

- Canto de viga: 2,90 m (luz/canto =13,8)
- Espesor de almas 45 cm
- Espesor en cara inferior 30 cm
- Longitud de voladizos extremos 4,15 m

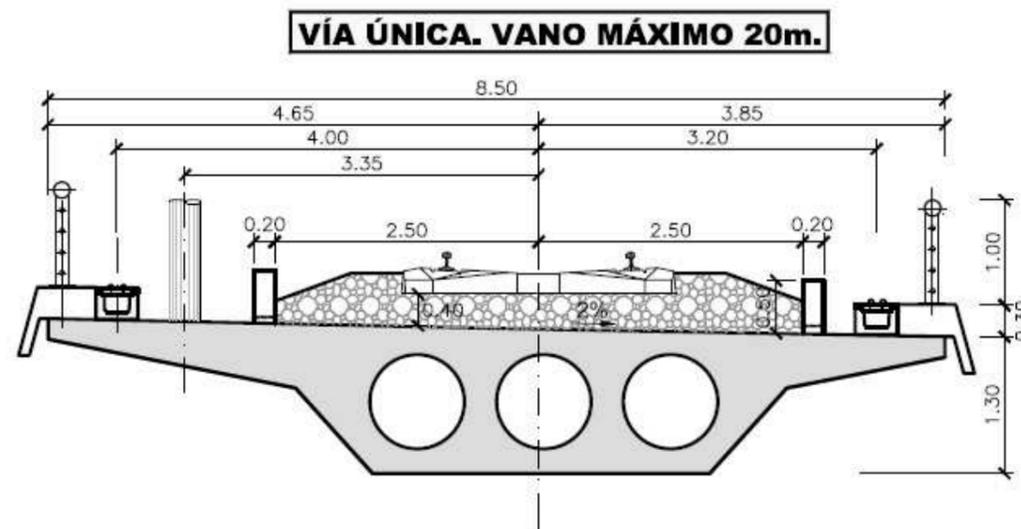


### 2.1.1.4.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Única - Luz Máxima 20 metros

Para este caso se ha considerado una sección tipo que está constituida por un tablero en losa de hormigón postensado formada por un núcleo central y voladizos laterales hasta completar el ancho total del tablero.

El núcleo central va aligerado mediante aligeramientos cilíndricos longitudinales de sección transversal circular. Las principales características de esta sección tipo son:

- Canto de losa 1,30 metros (luz/canto = 15,3)
- Longitud de voladizos extremos = 1,50 y 2,35 m
- Aligeramientos circulares de 0,90 m de diámetro

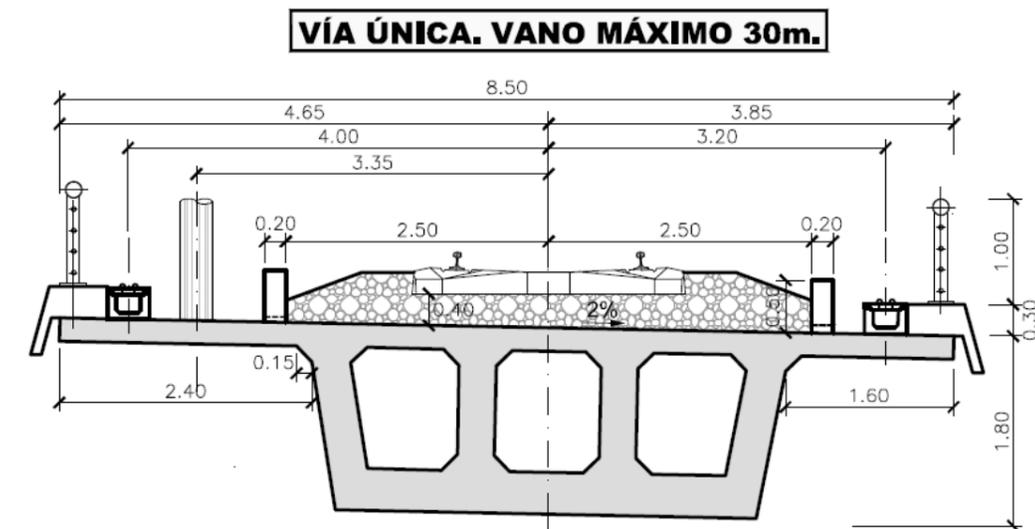


### 2.1.1.5.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Única - Luz Máxima 30 metros

Para este caso se utilizan tableros de hormigón postensado con sección transversal en cajón y voladizos laterales, construida bien "in situ", mediante cimbra, o bien mediante la técnica de tablero empujado.

Las principales características de esta sección tipo son:

- Canto de viga: 1,80 m (luz/canto =16,6)
- Espesor de almas 35 cm
- Espesor en cara inferior 40 cm
- Longitud de voladizos extremos 1,60 y 2,40 m

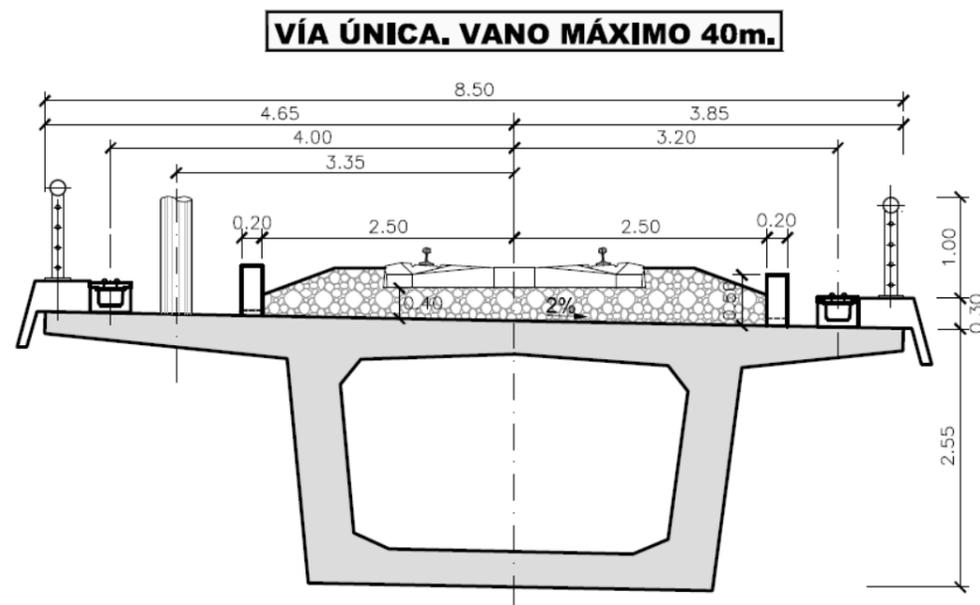


2.1.1.6.- Sección Tipo de Viaducto en Vía Única - Luz Máxima 40 metros

Para este caso se utilizan tableros de hormigón postensado con sección transversal en cajón y voladizos laterales, construida bien "in situ", mediante cimbra, o bien mediante la técnica de tablero empujado.

Las principales características de esta sección tipo son:

- Canto de viga: 2,55 m (luz/canto =15,7)
- Espesor de almas 50 cm
- Espesor en cara inferior 35 cm
- Longitud de voladizos extremos 1,60 y 2,4 m

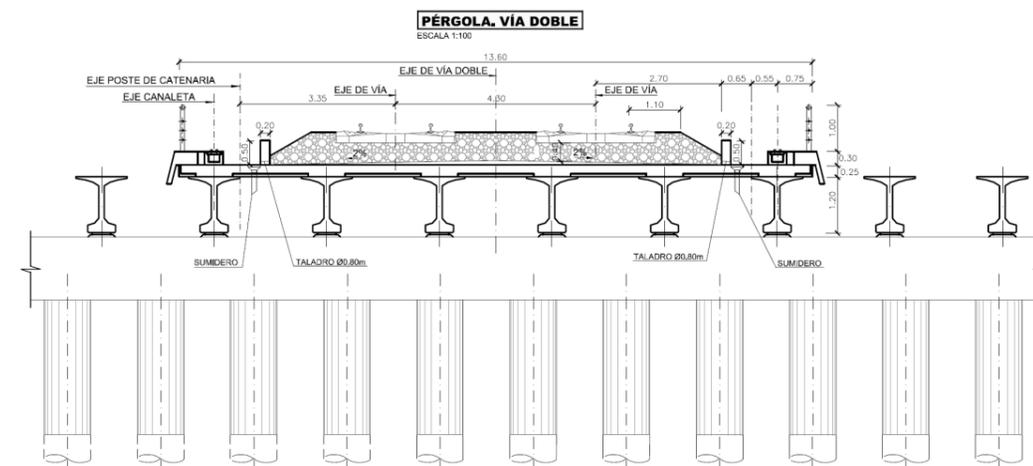


2.1.2.- Pérgolas del ferrocarril

En aquellos casos en que la traza ferroviaria cruza otras infraestructuras con un esviaje tal que la distancia entre apoyos del hipotético viaducto a proyectar supere los 40 m se recurre a estructuras tipo pérgola a excepción de un caso comentado a continuación.

La longitud y anchura de las pérgolas se adaptará en cada caso a la geometría específica del cruce, estando conformadas por vigas prefabricadas doble T sobre las que se dispondrá una losa de hormigón de 25 cm de espesor.

Se consideran vigas de 1,2 m por lo que el canto total será de 1,45 m.



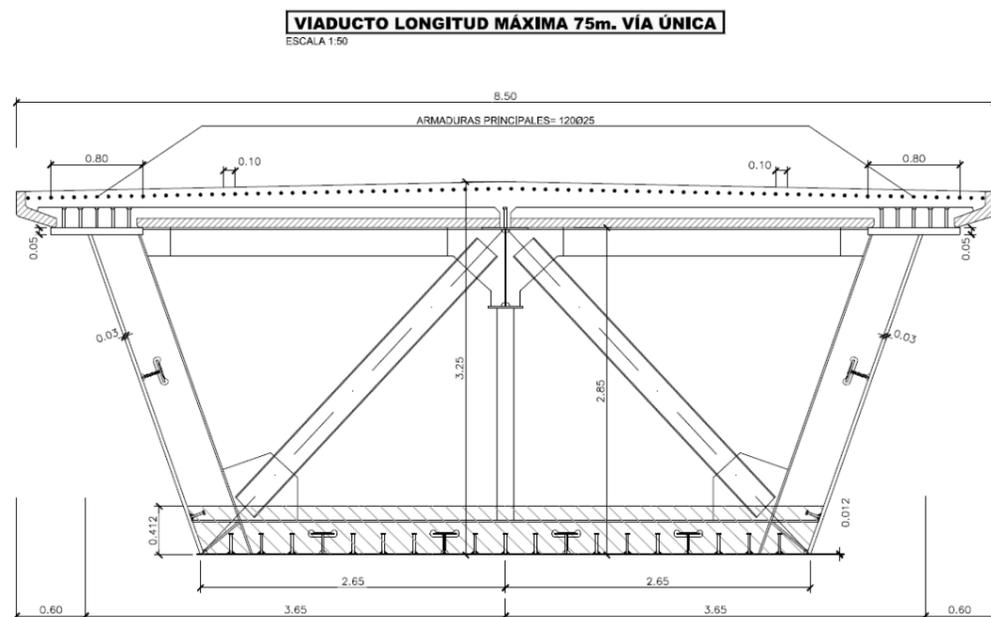
### 2.1.3.- Viaducto del PK 0+615 (Ramal Valencia – Alicante) – Alternativa 6C

La alternativa 6C conecta con la actual línea de Alta Velocidad La Encina – Alicante a través de dos ramales en vía única.

Uno de estos dos ramales, el denominado Valencia – Alicante realiza un salto de carnero cruzando de forma muy esviada con la citada línea de Alta Velocidad.

En un principio y tal y como se ha citado en el anterior apartado, la estructura a definir podría ser una pérgola, pero justamente en la zona de cruce de ambas infraestructuras, la línea actual presenta un viaducto de cruce sobre el vial CV-824, por lo tanto, y únicamente para este viaducto, se ha definido un viaducto especial ya que el vano máximo del mismo sería de 75 metros.

La tipología adoptada se corresponde a una mixta que tendría como sección transversal un cajón metálico de canto variable, entre 2.85 m en la mayor parte del tramo, y alcanzando un canto máximo de 6.10 m sobre la pilas del vano principal de 75.00 m. La anchura del cajón metálico en la zona de canto constante es de 6.90 m en su plano inferior y de 7.30 m en el superior, estando, por lo tanto, las almas ligeramente inclinadas.



### 2.1.4.- Pasos superiores

El ancho del tablero de los pasos superiores vendrá condicionado por el de la sección transversal de la vía a la que da servicio. Al objeto de homogeneizar las soluciones propuestas en esta fase de Estudio Informativo se han considerado dos tipologías, pasos superiores de carreteras y pasos superiores de caminos, cuyas características y geometría se explican en los apartados siguientes.

#### 2.1.4.1.- Pasos superiores de carreteras

Para la reposición de carreteras, se considera una anchura mínima de calzada y arcenes de 9 m, dados por dos carriles de 3.50 m y arcenes de 1 m a cada lado, a los que se añaden aceras de 1,20 m de anchura en ambos lados. Estas quedarán separadas de los arcenes por barreras rígidas de hormigón de 0,50 m. Todos estos elementos dan lugar a un ancho de tablero de 12,40 m, quedando éste rematado en ambos lados por sendas impostas sobre la que se dispondrán barreras antivandálicas.

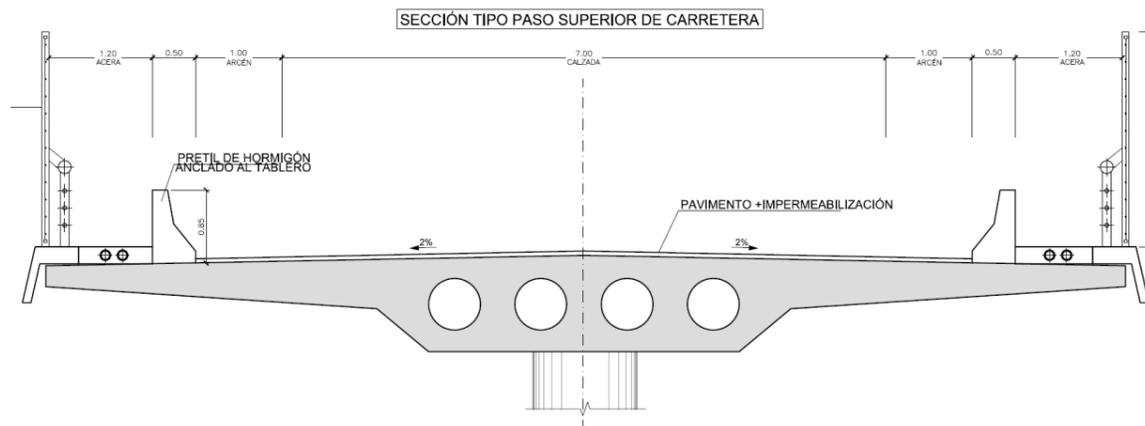
La solución propuesta para los pasos superiores de carretera consiste en un puente de tres vanos. El tablero está constituido, por razones de homogeneidad por una losa aligerada de hormigón armado “in situ” con voladizos laterales.

La longitud de cada estructura y la distribución de luces dependen del esviaje con el que la carretera cruza las vías, y de la cota relativa de la rasante de la carretera respecto a éstas.

El gálibo vertical mínimo a respetar en los pasos superiores, medido entre la cota superior de carril e intradós de la estructura, será de 7,00 m.

Las pilas situadas a cada lado de la plataforma ferroviaria se situarán de modo que su cara interior quede al menos a 5 m del eje de la vía más próxima. Estas consistirán en un fuste cilíndrico empotrado en la losa para eliminar los aparatos de apoyo y favorecer la conservación.

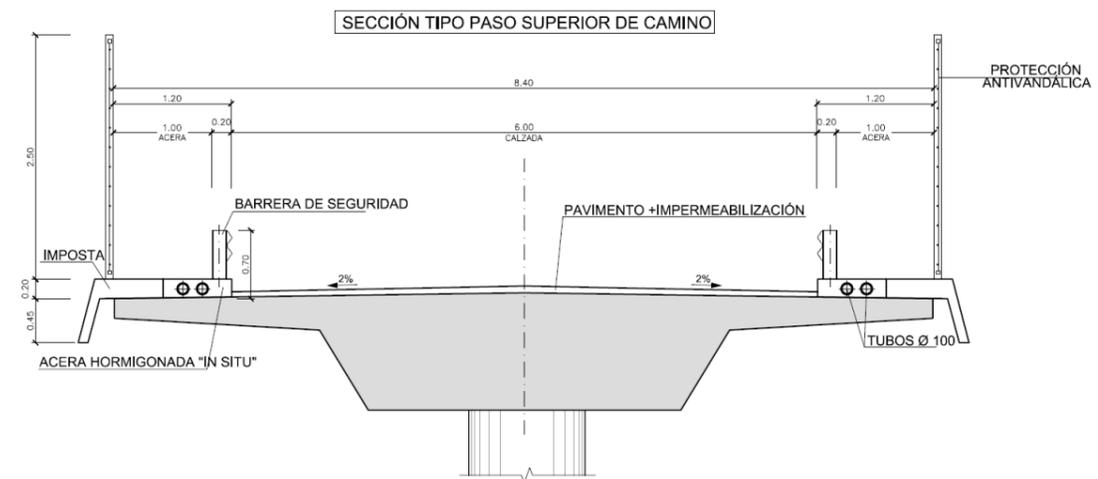
Los estribos se plantean cerrados con aletas en vuelta para contener las tierras en el borde exterior de la calzada.



#### 2.1.4.2.- Pasos superiores de caminos

Los pasos superiores de camino contarán con una anchura de calzada mínima de 6 m, y dos aceras laterales de 1 m, separadas de la calzada por elementos de protección necesarios consistentes en barreras metálicas tipo bionda. Estas dimensiones pueden ampliarse en el caso de que se considere necesario. La anchura total del tablero será, por tanto, de 8,40 m, quedando éste rematado en ambos lados por sendas impostas sobre la que se dispondrán barreras antivandálicas.

La solución propuesta para los pasos superiores de caminos consiste igualmente en puentes de tres vanos, cuyo tablero estará constituido por una losa maciza de hormigón armado "in situ" con voladizos laterales como la que se observa en la figura.



Al igual que en los pasos superiores de carreteras, las pilas situadas a ambos lados de la plataforma ferroviaria se situarán de modo que su cara interior quede como mínimo a 5 m del eje de la vía más próxima. Estas consistirán en un fuste cilíndrico empotrado en la losa, evitando la disposición de aparatos de apoyo y su mantenimiento.

Del mismo modo, el gálibo vertical mínimo entre cota superior del carril e intradós de la estructura será de 7 m.

Los estribos se plantean cerrados con aletas en vuelta para contener las tierras en el borde exterior de la calzada.

2.1.5.- Pasos inferiores

Las estructuras previstas para los pasos inferiores tanto de carreteras como de caminos consisten en marcos de hormigón armado ejecutados “in situ”, que constan de un dintel superior del que parten sendos hastiales solidarios, los cuales se empotran a su vez en la losa de fondo del cajón (solera).

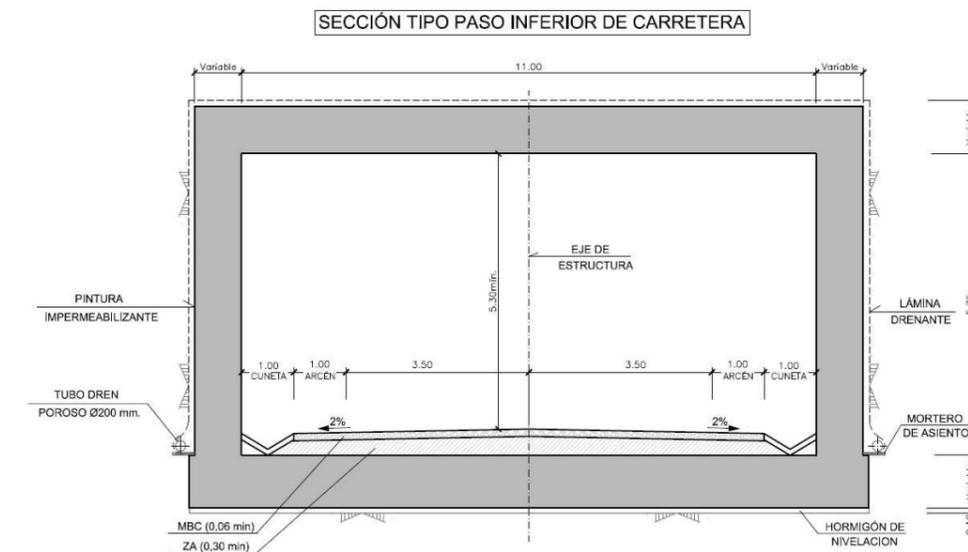
El canto del dintel y la solera así como el ancho de los hastiales se ha de estimar en función de la altura de tierras que gravita sobre cada estructura.

En general, y salvo que por condiciones estéticas, ecológicas o de geometría sea necesario modificar el criterio, se dispondrán aletas triangulares rectas a 30° con el eje del vial inferior. En las embocaduras de las obras enterradas (de tipo marco, pórtico, bóveda o tubo) con cobertera de tierras y esviadas, el plano de corte en el encuentro de la obra con el talud del terraplén en uno y otro extremo de la misma se mantendrá paralelo al eje del trazado principal.

2.1.5.1.- Pasos inferiores de carreteras

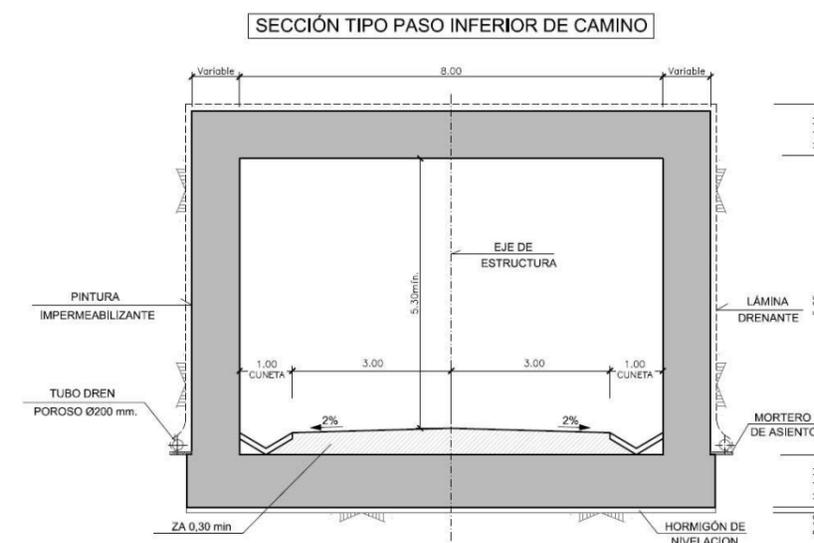
El gálibo horizontal libre de los pasos inferiores deberá respetar al menos la anchura de la plataforma más dos metros, correspondientes a dos cunetas pisables de hormigón. Al igual que en el caso de los pasos superiores, se considera una anchura de plataforma mínima de 9 m correspondiente a dos carriles de 3,50 m y arcenes a ambos lados de 1 m de anchura. Las cunetas tendrán una anchura de 1 m, por lo que el gálibo interior libre del paso será de 11 m.

El gálibo vertical en el punto más desfavorable de la plataforma deberá ser de al menos 5,30 m. Cuando causas justificadas así lo requieran, estaría permitido disminuir este valor a 5 m.



2.1.5.2.- Pasos inferiores de caminos

La anchura interior del marco en este caso será de 8 m, correspondientes a un ancho de plataforma de 6 m más cunetas de 1 m a cada lado. El gálibo vertical en el punto más desfavorable de la plataforma deberá ser de al menos 5,30 m. Cuando causas justificadas así lo requieran, estaría permitido disminuir este valor a 5 m. Una sección tipo se puede observar en la siguiente figura.



## 2.2.- Estructuras propuestas

A continuación se presentan las estructuras propuestas para las distintas alternativas estudiadas. Siguiendo la organización del resto del Anejo, se diferencia entre viaductos y pérgolas, pasos superiores y pasos inferiores.

De esta manera, se podrá realizar una valoración económica más ajustada de las alternativas para poder compararlas adecuadamente.

### 2.2.1.- Viaductos y pérgolas de ferrocarril

Los viaductos y pérgolas propuestos en las alternativas estudiadas quedan recogidos en la siguiente tabla, en la que se indican la alternativa y el eje de la misma a la que pertenece la estructura, el P.K. de la traza en el que se sitúa y su longitud así como la tipología, la sección tipo propuesta y las condiciones de cimentación.

ALTERNATIVA	VIA	P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	TIPOLOGÍA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	CANTO (m)	LUZ (m)	SECCIÓN TIPO	CIMENTACIÓN		
ALTERNATIVA 0A	Valencia-Xeraco	0+580	0+520	0+640	Viaducto vía única	120	8,5	2,55	40	Sección cajón. Canto 2,55 m	Profunda		
		5+380	5+370	5+390	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Profunda		
		5+800	5+775	5+825	Viaducto vía única	50	8,5	1,8	25	Sección cajón. Canto 1,80 m	Profunda		
		13+070	13+060	13+080	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Profunda		
	Xeraco-Denia	16+820	16+800	16+845	Viaducto vía única	45	8,5	1,8	25	Sección cajón. Canto 1,80 m	Profunda		
		0+730	0+720	0+740	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial		
		1+395	1+385	1+405	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial		
ALTERNATIVA 0B	Tronco	0+580	0+520	0+640	Viaducto vía única	120	8,5	2,55	40	Sección cajón. Canto 2,55 m	Profunda		
		5+380	5+370	5+390	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Profunda		
		5+800	5+775	5+825	Viaducto vía única	50	8,5	1,8	25	Sección cajón. Canto 1,80 m	Profunda		
		13+070	13+060	13+080	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Profunda		
		16+870	16+850	18+895	Viaducto vía doble	45	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		18+875	18+865	18+885	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial		
		19+575	19+565	19+585	Viaducto vía única	20	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial		
ALTERNATIVA 1A	Tronco	0+240	0+235	0+245	Viaducto vía doble	10	13,6	1,75	10	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
		1+500	1+490	1+510	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
		3+220	3+170	3+270	Viaducto vía doble	100	13,6	2,9	35	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
ALTERNATIVA 1B	Tronco	0+240	0+235	0+245	Viaducto vía doble	10	13,6	1,75	10	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
		1+460	1+400	1+520	Viaducto vía doble	120	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
		2+760	2+590	2+930	Viaducto vía doble	340	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda		
ALTERNATIVA 2A	Tronco	0+380	0+370	0+390	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
		1+320	1+300	1+340	Viaducto vía doble	40	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
		6+820	6+720	6+920	Viaducto vía doble	200	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
		7+640	7+630	7+650	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		9+020	8+900	9+140	Pérgola	240	13,6	1,45	---	Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial		
		9+240	9+220	9+260	Viaducto vía doble	40	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
		13+120	13+110	13+130	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
		13+195	13+170	13+220	Viaducto vía doble	50	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
		14+290	14+260	14+320	Viaducto vía doble	60	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda		
		14+510	14+495	14+530	Viaducto vía doble	35	13,6	2,9	35	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
		15+345	15+140	15+550	Viaducto/Pérgola	410	13,6	2,1 / 1,45	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Profunda		
		17+180	17+100	17+260	Viaducto vía doble	160	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		17+640	17+630	17+650	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		ALTERNATIVA 2B	Tronco	0+380	0+370	0+390	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda
1+320	1+300			1+340	Viaducto vía doble	40	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
6+820	6+810			6+830	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
7+740	7+636			7+840	Viaducto vía doble	204	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
8+558	8+548			8+568	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
9+940	9+820			10+060	Pérgola	240	13,6	1,45	---	Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial		
10+160	10+140			10+180	Viaducto vía doble	40	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
14+115	14+090			14+140	Viaducto vía doble	50	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
14+778	14+768			14+788	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
15+210	15+180			15+240	Viaducto vía doble	60	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda		
15+430	15+415			15+450	Viaducto vía doble	35	13,6	2,9	35	Sección cajón. Canto 2,90 m	Profunda		
16+265	16+060			16+470	Viaducto/Pérgola	410	13,6	1,75 / 1,45	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Profunda		
18+100	18+020			18+180	Viaducto vía doble	160	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
18+558	18+548			18+568	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
ALTERNATIVA 3C + 3C(BIS)	Ramal Valencia-Denia			0+720	0+710	0+730	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial
				1+430	1+065	1+800	Viaducto/Pérgola	735	13,6	2,1 / 1,45	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial
				2+530	2+415	2+640	Viaducto vía doble	225	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial
		2+865	2+850	2+880	Viaducto vía doble	30	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		3+840	3+790	3+895	Viaducto vía doble	105	13,6	2,1	27	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		4+160	4+100	4+220	Viaducto vía doble	120	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		4+390	4+360	4+420	Viaducto vía doble	60	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		5+620	5+610	5+630	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		7+685	7+675	7+695	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		Ramal Denia - Alicante	0+240	0+230	0+250	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
	3+775		3+370	4+180	Viaducto vía doble	810	13,6	2,9	35	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
	6+335		6+085	6+585	Viaducto vía doble	500	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
	7+240		6+775	7+705	Viaducto vía doble	930	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
	8+750		8+720	8+780	Viaducto vía doble	60	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
	9+020		8+985	9+055	Viaducto vía doble	70	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
	14+370		14+280	14+460	Viaducto vía doble	180	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
	16+835		16+655	17+015	Viaducto vía doble	360	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
	17+405		17+285	17+525	Viaducto vía doble	240	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
	18+750		18+645	18+855	Viaducto vía doble	210	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
	20+670	20+565	20+775	Viaducto vía doble	210	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial			
20+915	20+875	20+955	Viaducto vía doble	80	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial				

ALTERNATIVA	VIA	P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	TIPOLOGÍA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	CANTO (m)	LUZ (m)	SECCIÓN TIPO	CIMENTACIÓN		
ALTERNATIVA 3D	Tronco	0+720	0+710	0+730	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		1+430	1+065	1+800	Viaducto/Pérgola	735	13,6	2,1 / 1,45	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial		
		2+530	2+415	2+640	Viaducto vía doble	225	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		2+865	2+850	2+880	Viaducto vía doble	30	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		3+840	3+790	3+895	Viaducto vía doble	105	13,6	2,1	27	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		4+160	4+100	4+220	Viaducto vía doble	120	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		4+390	4+360	4+420	Viaducto vía doble	60	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		5+620	5+610	5+630	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		10+710	10+310	11+115	Viaducto vía doble	805	13,6	2,9	35	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
		13+275	13+025	13+525	Viaducto vía doble	500	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
		14+175	13+710	14+640	Viaducto vía doble	930	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
		15+695	15+665	15+725	Viaducto vía doble	60	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		15+965	15+930	16+000	Viaducto vía doble	70	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		21+300	21+220	21+385	Viaducto vía doble	165	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
		23+775	23+595	23+955	Viaducto vía doble	360	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		24+345	24+225	24+465	Viaducto vía doble	240	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		25+510	25+405	25+615	Viaducto vía doble	210	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		27+600	27+500	27+715	Viaducto vía doble	215	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		27+850	27+810	27+895	Viaducto vía doble	85	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		ALTERNATIVA 4A+5	Tronco	1+240	1+060	1+425	Viaducto vía doble	365	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda
2+985	2+440			3+530	Viaducto vía doble	1090	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda		
4+965	4+920			5+010	Viaducto vía doble	90	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
8+530	8+500			8+565	Viaducto vía doble	65	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda		
9+700	9+615			9+790	Viaducto vía doble	175	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
13+180	12+580			13+780	Viaducto/Pérgola	1200	13,6	2,1 / 1,45	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial		
15+880	15+520			16+245	Viaducto vía doble	725	13,6	2,1	27	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
17+085	16+755			17+415	Viaducto vía doble	660	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
20+850	20+755			20+940	Viaducto vía doble	185	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
21+720	21+560			21+885	Viaducto/Pérgola	325	13,6	1,75 / 1,45	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial		
22+730	22+520			22+945	Viaducto vía doble	425	13,6	2,1	28	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
24+605	24+560			24+650	Viaducto vía doble	90	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
25+550	25+300			25+805	Viaducto vía doble	505	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
26+590	26+435			26+745	Viaducto vía doble	310	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
29+420	29+315			29+530	Viaducto vía doble	215	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
30+840	30+660			31+020	Viaducto vía doble	360	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
31+340	31+235			31+445	Viaducto vía doble	210	13,6	1,75	17	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
32+455	32+305			32+605	Viaducto vía doble	300	13,6	1,75	12	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
ALTERNATIVA 4B+5A	Tronco			1+240	1+060	1+425	Viaducto vía doble	365	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda
				2+985	2+440	3+530	Viaducto vía doble	1090	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda
		4+965	4+920	5+010	Viaducto vía doble	90	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda		
		8+530	8+500	8+565	Viaducto vía doble	65	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda		
		9+700	9+615	9+790	Viaducto vía doble	175	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		17+230	16+875	17+590	Viaducto vía doble	715	13,6	2,1	27	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		18+430	18+100	18+760	Viaducto vía doble	660	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		22+190	22+100	22+285	Viaducto vía doble	185	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
		23+070	22+905	23+230	Viaducto/Pérgola	325	13,6	1,75 / 1,45	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial		
		24+080	23+865	24+290	Viaducto vía doble	425	13,6	2,1	28	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial		
		25+950	25+905	25+995	Viaducto vía doble	90	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial		
		26+900	26+645	27+150	Viaducto vía doble	505	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		27+935	27+780	28+090	Viaducto vía doble	310	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		30+770	30+660	30+875	Viaducto vía doble	215	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		32+185	32+005	32+365	Viaducto vía doble	360	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		32+685	32+580	32+790	Viaducto vía doble	210	13,6	1,75	17	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		
		33+800	33+650	33+950	Viaducto vía doble	300	13,6	1,75	12	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial		

ALTERNATIVA	VIA	P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	TIPOLOGÍA	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	CANTO (m)	LUZ (m)	SECCIÓN TIPO	CIMENTACIÓN	
ALTERNATIVA 4B(BIS)+5A	Tronco	1+240	1+060	1+425	Viaducto vía doble	365	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda	
		2+985	2+440	3+530	Viaducto vía doble	1090	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda	
		4+965	4+920	5+010	Viaducto vía doble	90	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Profunda	
		8+530	8+500	8+565	Viaducto vía doble	65	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Profunda	
		9+700	9+615	9+790	Viaducto vía doble	175	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		10+350	10+280	10+418	Pérgola	138	13,6	1,45	---	Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial	
		10+985	10+910	11+060	Viaducto vía doble	150	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial	
		14+030	14+020	14+040	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		17+490	17+130	17+850	Viaducto vía doble	720	13,6	2,1	27	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial	
		18+690	18+360	19+020	Viaducto vía doble	660	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial	
		22+450	22+360	22+545	Viaducto vía doble	185	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
		23+330	23+165	23+490	Viaducto/Pérgola	325	13,6	1,75 / 1,45	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial	
		24+340	24+125	24+550	Viaducto vía doble	425	13,6	2,1	28	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial	
		26+210	26+165	26+255	Viaducto vía doble	90	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
		27+160	26+905	27+410	Viaducto vía doble	505	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		28+195	28+040	28+350	Viaducto vía doble	310	13,6	1,75	16	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		31+030	30+920	31+135	Viaducto vía doble	215	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		32+445	32+265	32+625	Viaducto vía doble	360	13,6	1,75	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		32+945	32+840	33+050	Viaducto vía doble	210	13,6	1,75	17	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		34+060	33+910	34+210	Viaducto vía doble	300	13,6	1,75	12	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
ALTERNATIVA 6A		1+790	1+675	1+900	Viaducto vía doble	225	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial	
		2+370	2+155	2+590	Viaducto vía doble	435	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		6+250	6+225	6+280	Viaducto vía doble	55	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial	
		9+450	9+440	9+460	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		12+760	12+320	13+205	Viaducto vía doble	885	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
		18+170	18+135	18+205	Viaducto vía doble	70	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		19+860	19+535	20+190	Viaducto vía doble	655	13,6	1,75	10	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		21+840	21+820	21+860	Viaducto vía doble	40	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
		0+265	0+115	0+415	Viaducto vía doble	300	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
		0+990	0+925	1+050	Viaducto vía única	125	8,5	1,3	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial	
		1+550	1+400	1+700	Viaducto vía única	300	8,5	2,55	38	Sección cajón. Canto 2,55 m	Superficial	
		2+440	2+220	2+240	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
		Ramal Valencia-Alicante	1+060	1+020	1+100	Viaducto vía única	80	8,5	1,3	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial
	Ramal Alicante-Valencia	2+390	2+365	2+412	Viaducto vía única	47	8,5	2,55	40	Sección cajón. Canto 2,55 m	Superficial	
	Ramal Madrid	1+175	1+100	1+250	Viaducto vía única	150	8,5	1,8	27	Sección cajón. Canto 1,80 m	Superficial	
	ALTERNATIVA 6C		1+790	1+675	1+900	Viaducto vía doble	225	13,6	2,1	25	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial
			2+370	2+155	2+590	Viaducto vía doble	435	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial
6+250			6+225	6+280	Viaducto vía doble	55	13,6	2,1	30	Losa postensada aligerada. Canto 2,10 m	Superficial	
9+450			9+440	9+460	Viaducto vía doble	20	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
12+760			12+320	13+205	Viaducto vía doble	885	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
18+170			18+135	18+205	Viaducto vía doble	70	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
19+860			19+535	20+190	Viaducto vía doble	655	13,6	1,75	10	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
21+840			21+820	21+860	Viaducto vía doble	40	13,6	2,9	40	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
24+700			24+655	24+740	Viaducto vía doble	85	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
25+100			25+055	25+150	Viaducto vía doble	95	13,6	1,75	18	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
28+490			28+455	28+520	Viaducto vía doble	65	13,6	2,9	32	Sección cajón. Canto 2,90 m	Superficial	
29+355			29+170	29+540	Viaducto vía doble	370	13,6	1,75	-	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
30+060			29+640	30+485	Viaducto vía doble	845	13,6	1,75	-	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
31+525			31+475	31+575	Viaducto vía doble	100	13,6	1,75	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,75 m	Superficial	
Ramal Valencia-Alicante			0+615	0+095	1+140	Viaducto vía doble	1045	8,5	3,25	75	Estructura mixta con cajón metálico de 3,25 m de canto bajo una losa de hormigón armado	Superficial
			3+040	2+980	3+105	Viaducto vía única	125	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial
Ramal Alicante-Valencia			0+400	0+095	0+705	Viaducto vía única	610	8,5	1,3	15	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial
			2+140	2+130	2+150	Viaducto vía única	20	8,5	1,8	30	Sección cajón. Canto 1,80 m	Superficial
			2+460	2+440	2+480	Viaducto vía única	40	8,5	1,3	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m	Superficial
Ramal Madrid		0+530	0+295	0+770	Viaducto/Pérgola	475	8,5	1,3 / 1,45	20	Losa postensada aligerada. Canto 1,30 m Vigas doble T de 1,20 m y losa de 0,25 m	Superficial	

2.2.2.- Pasos Superiores

En el presente Estudio se han proyectado pasos superiores para la reposición de viales a lo largo de las trazas de cada una de las alternativas estudiadas con el objetivo de garantizar la permeabilidad transversal de la obra lineal. Como se comentaba en el Apartado 2 del presente Anejo, se han previsto estructuras de tres vanos con el tablero constituido por una losa maciza o aligerada de hormigón armado in situ con voladizos laterales y pilas empotradas en ella.

Se han distinguido dos tipologías diferentes en función del vial a reponer. Así pues, para la reposición de carreteras se han proyectado estructuras con un ancho total de tablero de 12,40 metros, mientras que para la reposición de los caminos será suficiente con tableros de 8,40 metros.

Por lo que respecta al gálibo vertical libre, éste deberá ser como mínimo de 7 metros para dar cabida a la plataforma ferroviaria y a los elementos necesarios para la electrificación de la línea.

A continuación, se presentan las tablas resumen en las que aparecen las diversas estructuras proyectadas como pasos superiores para la reposición de viales en cada una de las alternativas de trazado estudiadas.

ALTERNATIVA 0A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	2+493	CARRETERA
PASO SUPERIOR	3+215	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+350	CAMINO
PASO SUPERIOR	6+945	CAMINO
PASO SUPERIOR	9+830	CAMINO
PASO SUPERIOR	11+285	CARRETERA
PASO SUPERIOR	13+060	CAMINO
PASO SUPERIOR	13+890	CAMINO

ALTERNATIVA 0B		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	2+493	CARRETERA
PASO SUPERIOR	3+215	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+350	CAMINO
PASO SUPERIOR	6+945	CAMINO
PASO SUPERIOR	9+830	CAMINO
PASO SUPERIOR	11+285	CARRETERA
PASO SUPERIOR	13+060	CAMINO
PASO SUPERIOR	13+890	CAMINO
PASO SUPERIOR	16+825	CARRETERA
PASO SUPERIOR	17+325	CAMINO
PASO SUPERIOR	17+570	CAMINO
PASO SUPERIOR	18+239	CARRETERA
PASO SUPERIOR	18+560	CARRETERA
PASO SUPERIOR	19+545	CARRETERA

ALTERNATIVA 1B		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	0+956	CAMINO
PASO SUPERIOR	1+555	CAMINO
PASO SUPERIOR	1+838	CAMINO
PASO SUPERIOR	3+418	CAMINO
PASO SUPERIOR	3+945	CAMINO
PASO SUPERIOR	4+577	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+654	CAMINO

ALTERNATIVA 2A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	0+083	CARRETERA
PASO SUPERIOR	0+338	CAMINO
PASO SUPERIOR	0+778	CAMINO
PASO SUPERIOR	1+137	CAMINO
PASO SUPERIOR	1+665	CARRETERA
PASO SUPERIOR	2+965	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+672	CARRETERA
PASO SUPERIOR	6+054	CAMINO
PASO SUPERIOR	10+256	CAMINO
PASO SUPERIOR	12+005	CARRETERA
PASO SUPERIOR	13+624	CAMINO
PASO SUPERIOR	14+960	CAMINO
PASO SUPERIOR	17+600	CAMINO
PASO SUPERIOR	18+333	CAMINO

<b>ALTERNATIVA 2B</b>		
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>P.K.</b>	<b>TIPO DE VIAL</b>
PASO SUPERIOR	0+083	CARRETERA
PASO SUPERIOR	0+338	CAMINO
PASO SUPERIOR	0+778	CAMINO
PASO SUPERIOR	1+137	CAMINO
PASO SUPERIOR	1+665	CARRETERA
PASO SUPERIOR	3+105	CARRETERA
PASO SUPERIOR	3+485	CAMINO
PASO SUPERIOR	7+090	CAMINO
PASO SUPERIOR	11+176	CAMINO
PASO SUPERIOR	12+925	CARRETERA
PASO SUPERIOR	14+544	CAMINO
PASO SUPERIOR	15+880	CAMINO
PASO SUPERIOR	18+520	CAMINO
PASO SUPERIOR	19+450	CAMINO

<b>ALTERNATIVA 3C Y 3C(BIS)</b>		
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>P.K.</b>	<b>TIPO DE VIAL</b>
<b>VALENCIA - DENIA</b>		
PASO SUPERIOR	5+550	CAMINO
PASO SUPERIOR	6+017	CARRETERA
PASO SUPERIOR	7+280	CAMINO
PASO SUPERIOR	7+630	CAMINO
PASO SUPERIOR	8+440	CARRETERA
<b>RAMAL DE CIERRE</b>		
PASO SUPERIOR	0+440	CAMINO
<b>DENIA - ALICANTE</b>		
PASO SUPERIOR	0+390	CAMINO
PASO SUPERIOR	0+716	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+495	CARRETERA
PASO SUPERIOR	11+700	CARRETERA
PASO SUPERIOR	12+350	CAMINO
PASO SUPERIOR	12+840	CARRETERA
PASO SUPERIOR	14+078	CARRETERA
PASO SUPERIOR	14+870	CAMINO

<b>ALTERNATIVA 3D</b>		
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>P.K.</b>	<b>TIPO DE VIAL</b>
PASO SUPERIOR	5+548	CAMINO
PASO SUPERIOR	6+017	CARRETERA
PASO SUPERIOR	7+270	CAMINO
PASO SUPERIOR	12+436	CARRETERA
PASO SUPERIOR	18+641	CARRETERA
PASO SUPERIOR	19+291	CAMINO
PASO SUPERIOR	19+781	CARRETERA
PASO SUPERIOR	21+016	CARRETERA
PASO SUPERIOR	21+811	CAMINO
<b>VARIANTE TRAM</b>		
PASO SUPERIOR	0+780	CAMINO

<b>ALTERNATIVA 4A+5A</b>		
<b>ESTRUCTURA</b>	<b>P.K.</b>	<b>TIPO DE VIAL</b>
PASO SUPERIOR	0+258	CARRETERA
PASO SUPERIOR	4+090	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+427	CARRETERA
PASO SUPERIOR	7+957	CAMINO
PASO SUPERIOR	10+160	CARRETERA
PASO SUPERIOR	11+295	CARRETERA
PASO SUPERIOR	13+850	CAMINO
PASO SUPERIOR	19+766	CAMINO
PASO SUPERIOR	20+260	CAMINO
PASO SUPERIOR	21+560	CARRETERA
PASO SUPERIOR	27+185	CAMINO
PASO SUPERIOR	30+423	CAMINO
PASO SUPERIOR	31+630	CAMINO

ALTERNATIVA 4B+5A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	0+258	CARRETERA
PASO SUPERIOR	4+090	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+427	CARRETERA
PASO SUPERIOR	7+957	CAMINO
PASO SUPERIOR	9+450	CARRETERA
PASO SUPERIOR	10+160	CARRETERA
PASO SUPERIOR	11+357	CARRETERA
PASO SUPERIOR	11+762	CAMINO
PASO SUPERIOR	12+098	CARRETERA
PASO SUPERIOR	12+654	CAMINO
PASO SUPERIOR	13+218	CAMINO
PASO SUPERIOR	14+830	CARRETERA
PASO SUPERIOR	15+913	CARRETERA
PASO SUPERIOR	21+111	CAMINO
PASO SUPERIOR	21+605	CAMINO
PASO SUPERIOR	22+905	CARRETERA
PASO SUPERIOR	28+530	CAMINO
PASO SUPERIOR	31+768	CAMINO
PASO SUPERIOR	32+975	CAMINO

ALTERNATIVA 6A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	6+516	CARRETERA
PASO SUPERIOR	8+594	CARRETERA
PASO SUPERIOR	9+260	CAMINO
PASO SUPERIOR	11+670	CARRETERA
PASO SUPERIOR	12+155	CARRETERA
PASO SUPERIOR	13+858	CARRETERA
PASO SUPERIOR	16+515	CAMINO
PASO SUPERIOR	18+357	CAMINO
PASO SUPERIOR	19+300	CAMINO
PASO SUPERIOR	20+375	CAMINO
PASO SUPERIOR	22+230	CAMINO
PASO SUPERIOR	23+086	CAMINO
RAMAL ALICANTE - VALENCIA		
PASO SUPERIOR	1+760	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+975	CAMINO
PASO SUPERIOR	6+555	CARRETERA
PASO SUPERIOR	6+580	CARRETERA
RAMAL CONEXIÓN UIC-CONVENCIONAL		
PASO SUPERIOR	1+200	CAMINO
PASO SUPERIOR	2+735	CAMINO

ALTERNATIVA 4B(BIS)+5A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	0+258	CARRETERA
PASO SUPERIOR	4+090	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+427	CARRETERA
PASO SUPERIOR	7+957	CAMINO
PASO SUPERIOR	9+450	CARRETERA
PASO SUPERIOR	14+545	CAMINO
PASO SUPERIOR	15+100	CARRETERA
PASO SUPERIOR	16+145	CARRETERA
PASO SUPERIOR	21+372	CAMINO
PASO SUPERIOR	21+866	CAMINO
PASO SUPERIOR	23+166	CARRETERA
PASO SUPERIOR	28+791	CAMINO
PASO SUPERIOR	32+037	CAMINO
PASO SUPERIOR	33+236	CAMINO

ALTERNATIVA 6C		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO SUPERIOR	6+516	CARRETERA
PASO SUPERIOR	8+594	CARRETERA
PASO SUPERIOR	9+260	CAMINO
PASO SUPERIOR	11+670	CARRETERA
PASO SUPERIOR	12+155	CARRETERA
PASO SUPERIOR	13+858	CARRETERA
PASO SUPERIOR	16+515	CAMINO
PASO SUPERIOR	19+870	CAMINO
PASO SUPERIOR	19+300	CAMINO
PASO SUPERIOR	20+375	CAMINO
PASO SUPERIOR	22+230	CAMINO
PASO SUPERIOR	23+086	CAMINO
PASO SUPERIOR	26+650	CARRETERA
PASO SUPERIOR	30+711	CAMINO
RAMAL MADRID		
PASO SUPERIOR	4+086	CAMINO
PASO SUPERIOR	5+631	CAMINO

2.2.3.- Pasos Inferiores

Para completar la reposición de viales a lo largo de los trazados propuestos, ha sido necesario proyectar numerosos pasos inferiores. Para éstos, se proponen marcos de hormigón armado acompañados de aletas de hormigón armado en sus entradas y salidas para impedir que el derrame de los taludes invada la plataforma.

De nuevo, aparecen dos tipologías diferentes de estructura según se trate de la reposición de una carretera o de un camino. Como ya se mencionaba en el Apartado 2 del presente Anejo, los pasos inferiores para carreteras deberán tener un gálibo horizontal interior de 11 metros, mientras que los de caminos deberán ser de 8 metros. Todos ellos deberán garantizar que el gálibo vertical libre sea al menos de 5,30 metros, y excepcionalmente de 5 metros.

A continuación, se presentan las tablas resumen en las que aparecen las diversas estructuras proyectadas como pasos inferiores para la reposición de viales en cada una de las alternativas de trazado estudiadas.

ALTERNATIVA 0A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	15+470	CAMINO

ALTERNATIVA 0B		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	15+470	CAMINO

ALTERNATIVA 1A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	0+363	CAMINO
PASO INFERIOR	4+894	CAMINO
PASO INFERIOR	5+471	CAMINO

ALTERNATIVA 1B		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	0+365	CAMINO
PASO INFERIOR	3+167	CAMINO
PASO INFERIOR	5+013	CAMINO

ALTERNATIVA 2A. PASOS INFERIORES		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	9+185	CAMINO
PASO INFERIOR	9+325	CAMINO
PASO INFERIOR	10+918	CAMINO
PASO INFERIOR	15+870	CAMINO
PASO INFERIOR	16+655	CAMINO

ALTERNATIVA 2B		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	4+325	CAMINO
PASO INFERIOR	5+550	CARRETERA
PASO INFERIOR	6+345	CAMINO
PASO INFERIOR	10+105	CAMINO
PASO INFERIOR	10+245	CAMINO
PASO INFERIOR	11+838	CAMINO
PASO INFERIOR	16+790	CAMINO
PASO INFERIOR	17+575	CAMINO

ALTERNATIVA 3C Y 3C(BIS)		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
<b>VALENCIA - DENIA</b>		
PASO INFERIOR	2+062	CAMINO
PASO INFERIOR	4+060	CAMINO
PASO INFERIOR	5+036	CAMINO
PASO INFERIOR	10+300	CAMINO
<b>DENIA - ALICANTE</b>		
PASO INFERIOR	2+540	CAMINO
PASO INFERIOR	5+340	CARRETERA
PASO INFERIOR	10+792	CAMINO
PASO INFERIOR	15+700	CAMINO
PASO INFERIOR	17+955	CAMINO
PASO INFERIOR	18+800	CAMINO

ALTERNATIVA 3D		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	2+062	CAMINO
PASO INFERIOR	4+060	CAMINO
PASO INFERIOR	5+037	CAMINO
PASO INFERIOR	9+481	CAMINO
PASO INFERIOR	12+281	CARRETERA
PASO INFERIOR	17+733	CAMINO
PASO INFERIOR	22+641	CAMINO
PASO INFERIOR	24+896	CAMINO
PASO INFERIOR	25+741	CAMINO
VARIANTE TRAM		
PASO INFERIOR	1+215	CAMINO

ALTERNATIVA 4A+5A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	1+471	CARRETERA
PASO INFERIOR	1+960	CAMINO
PASO INFERIOR	6+650	CAMINO
PASO INFERIOR	8+910	CARRETERA
PASO INFERIOR	9+450	CARRETERA
PASO INFERIOR	14+185	CAMINO
PASO INFERIOR	21+460	CAMINO
PASO INFERIOR	24+690	CAMINO
PASO INFERIOR	22+297	CAMINO
PASO INFERIOR	28+000	CAMINO
PASO INFERIOR	28+550	CAMINO
PASO INFERIOR	29+960	CAMINO

ALTERNATIVA 4B+5A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	1+471	CARRETERA
PASO INFERIOR	1+960	CAMINO
PASO INFERIOR	6+650	CAMINO
PASO INFERIOR	8+910	CARRETERA
PASO INFERIOR	12+200	CAMINO
PASO INFERIOR	22+805	CAMINO
PASO INFERIOR	23+642	CAMINO
PASO INFERIOR	26+035	CAMINO
PASO INFERIOR	29+345	CAMINO
PASO INFERIOR	29+895	CAMINO
PASO INFERIOR	31+305	CAMINO

ALTERNATIVA 4B(BIS)+5A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	1+471	CARRETERA
PASO INFERIOR	1+960	CAMINO
PASO INFERIOR	6+650	CAMINO
PASO INFERIOR	8+910	CARRETERA
PASO INFERIOR	10+188	CARRETERA
PASO INFERIOR	11+252	CARRETERA
PASO INFERIOR	11+985	CARRETERA
PASO INFERIOR	12+100	CAMINO
PASO INFERIOR	12+658	CAMINO
PASO INFERIOR	23+066	CAMINO
PASO INFERIOR	23+903	CAMINO
PASO INFERIOR	26+296	CAMINO
PASO INFERIOR	29+606	CAMINO
PASO INFERIOR	30+156	CAMINO
PASO INFERIOR	31+566	CAMINO

ALTERNATIVA 6A		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	4+891	CAMINO
PASO INFERIOR	8+017	CAMINO
PASO INFERIOR	14+950	CAMINO
PASO INFERIOR	21+285	CAMINO
PASO INFERIOR	21+558	CAMINO
RAMAL VALENCIA - ALICANTE		
PASO INFERIOR	0+500	CAMINO
RAMAL CONEXIÓN UIC-CONVENCIONAL		
PASO INFERIOR	2+460	CAMINO

ALTERNATIVA 6C		
ESTRUCTURA	P.K.	TIPO DE VIAL
PASO INFERIOR	4+891	CAMINO
PASO INFERIOR	8+017	CAMINO
PASO INFERIOR	14+950	CAMINO
PASO INFERIOR	21+285	CAMINO
PASO INFERIOR	21+558	CAMINO
PASO INFERIOR	24+785	CAMINO
PASO INFERIOR	25+285	CAMINO
PASO INFERIOR	27+372	CAMINO
PASO INFERIOR	31+365	CAMINO
RAMAL MADRID		
PASO INFERIOR	2+366	CAMINO
PASO INFERIOR	2+867	CAMINO
PASO INFERIOR	5+357	CAMINO
RAMAL ALICANTE - VALENCIA		
PASO INFERIOR	1+430	CAMINO
PASO INFERIOR	2+790	CAMINO
RAMAL VALENCIA - ALICANTE		
PASO INFERIOR	1+480	CAMINO

### 3.- TÚNELES

#### 3.1.- Introducción

El objeto del presente apartado es el análisis previo de los túneles necesarios en las diferentes alternativas planteadas hasta ahora en el desarrollo del Estudio Informativo de la Línea Ferroviaria Valencia-Alicante (Tren de la Costa). Se pretende, partiendo de las condiciones iniciales y del análisis de estudios previos realizados llegar a extraer una serie de conclusiones que permitan seguir avanzando en el desarrollo de las alternativas.

Para la realización del presente estudio se han tenido en cuenta los siguientes documentos y publicaciones:

- Determinación de las secciones transversales de túneles ferroviarios a partir de consideraciones aerodinámicas. Ficha U.I.C. 779-11; febrero 2005 (2ª edición).
- Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros. Ministerio de Fomento – D.G.F.; 2001.
- IGP-2011: Instrucciones y recomendaciones para redacción de proyectos de plataforma. ADIF, octubre 2011.
- El dimensionamiento de túneles ferroviarios en líneas de alta velocidad. Lozano del Moral, Antonio. (R.O.P. nº 3.381, noviembre 1998).
- El dimensionamiento de túneles ferroviarios en líneas de alta velocidad. (2ª Parte – Métodos alternativos. Lozano del Moral, Antonio. (R.O.P. nº 3.402, octubre 2000).
- Diseño funcional en los túneles de alta velocidad. García González, Elías. (Curso sobre Diseño de Túneles organizado por la Fundación de los Ferrocarriles Españoles; junio 1998).
- Instrucción sobre Seguridad de Túneles Ferroviarios (ISTF-05) y su borrador Seguridad en Túneles Ferroviarios. Versión 2.0 (STF-07).
- Especificación Técnica de Interoperabilidad sobre seguridad en los túneles en los sistemas ferroviarios transeuropeos convencional y de alta velocidad (ETI-08).

#### 3.2.- Túneles Proyectados

Los túneles presentes en cada una de las alternativas se muestran en las tablas siguientes:

ALTERNATIVA 1A				
P.K.	P.K. INICIO	P.K.FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
2+530	2+040	3+020	980	Falso Túnel
3+535	3+500	3+570	70	Falso Túnel
4+205	4+100	4+310	210	Falso Túnel

ALTERNATIVA 1B				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
2+105	1+940	2+270	330	Falso Túnel

ALTERNATIVA 2A				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
4+615	3+740	5+490	1.750	Falso Túnel

ALTERNATIVA 3C				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
4+520	4+235	4+805	570	Túnel
5+640	5+410	5+870	460	Túnel
8+240	7+770	8+705	935	Túnel
9+585	9+305	9+865	560	Túnel
19+835	19+170	20+500	1.330	Túnel
22+080	20+975	23+185	2.210	Túnel

ALTERNATIVA 3CBIS				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
4+520	4+235	4+805	570	Túnel
5+640	5+410	5+870	460	Túnel
8+240	7+770	8+705	935	Túnel
9+585	9+305	9+865	560	Túnel
19+835	19+170	20+500	1.330	Túnel
22+080	20+975	23+185	2.210	Túnel

ALTERNATIVA 3D				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
11+455	11+170	11+740	570	Túnel
12+585	12+355	12+815	460	Túnel
15+180	14+720	15+645	925	Túnel
16+520	16+240	16+805	565	Túnel
26+785	26+125	27+445	1.320	Túnel
29+025	27+925	30+125	2.200	Túnel

ALTERNATIVA 4A+5A				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
23+873	23+430	24+315	885	Falso Túnel
26+330	26+275	26+385	110	Falso Túnel
27+000	26+925	27+075	150	Falso Túnel
28+970	28+760	29+180	420	Túnel
30+250	30+115	30+385	270	Túnel

ALTERNATIVA 4B+5A				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
10+895	10+615	11+175	560	Falso Túnel
13+930	13+465	14+400	935	Falso Túnel
25+210	24+775	25+660	885	Falso Túnel
27+675	27+620	27+730	110	Falso Túnel
28+345	28+270	28+420	150	Falso Túnel
30+315	30+105	30+525	420	Túnel
31+595	31+460	31+730	270	Túnel

ALTERNATIVA 4B(BIS)+5A				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
25+480	25+035	25+920	885	Falso Túnel
27+935	27+880	27+990	110	Falso Túnel
28+605	28+530	28+680	150	Falso Túnel
30+575	30+365	30+785	420	Túnel
31+855	31+720	31+990	270	Túnel

ALTERNATIVA 6A				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
0+290	0+180	0+400	220	Túnel
1+095	0+550	1+640	1.090	Túnel
2+025	1+940	2+110	170	Túnel

ALTERNATIVA 6A				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
3+485	2+770	4+200	1.430	Túnel
7+150	6+850	7+455	605	Falso Túnel
7+680	7+560	7+800	240	Falso Túnel
21+000	20+865	21+140	275	Túnel
21+970	21+900	22+045	145	Falso Túnel

ALTERNATIVA 6C				
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)	TIPOLOGÍA
0+290	0+180	0+400	220	Túnel
1+095	0+550	1+640	1.090	Túnel
2+025	1+940	2+110	170	Túnel
3+485	2+770	4+200	1.430	Túnel
7+150	6+850	7+455	605	Falso Túnel
7+680	7+560	7+800	240	Falso Túnel
21+000	20+865	21+140	275	Túnel
21+970	21+900	22+045	145	Falso Túnel
30+840	30+780	30+895	115	Túnel

### 3.3.- Tipología de los túneles

Los túneles ferroviarios requieren una atención especial a la protección y seguridad de los viajeros y el personal a bordo durante la explotación. Por ello, se debe actuar desde el estudio previo hasta la entrada en explotación del túnel, ya que ciertas medidas, especialmente de obra civil o equipamiento, pueden ser muy difíciles de aplicar o tener un coste muy elevado si no han sido previstas en el anteproyecto, desarrolladas en el proyecto y ejecutadas en la construcción.

Las referencias fundamentales para el diseño conceptual de un túnel ferroviario son por una parte, la "Instrucción sobre Seguridad de Túneles Ferroviarios (ISTF-05)" y su borrador "Seguridad en Túneles Ferroviarios. Versión 2.0 (STF-07)"; y, sobre todo, la Especificación Técnica de Interoperabilidad sobre seguridad en los túneles en los sistemas ferroviarios transeuropeos convencional y de alta velocidad (ETI-08).

Ambos documentos especifican los criterios y especificaciones técnicas que se deben aplicar en cualquier tipo de estudio y/o proyecto, para proporcionar un nivel de seguridad en el túnel equiparable al resto del trazado de la línea férrea.

Para determinar los criterios y especificaciones técnicas de seguridad a exigir a cada túnel, se considerarán lo siguientes parámetros:

- Intensidad de tráfico prevista, de acuerdo al criterio siguiente:

INTENSIDAD DE TRÁFICO PREVISTA	
MUY ALTA	> 200 circulaciones / día: En su mayoría tráfico de viajeros y eventualmente de mercancías.
MEDIA-ALTA	Entre 50 y 200 circulaciones / día.
BAJA	< 50 circulaciones / día.

Tabla 3.1.- Criterio de clasificación de la intensidad de tráfico previsto

Longitud del túnel, conforme a esta clasificación:

LONGITUD DEL TÚNEL	
CORTOS	300 m < l < 1.000 m
MEDIOS	1.000 m < l < 5.000 m
LARGOS	5.000 m < l < 10.000 m
SINGULARES	l > 10.000 m

Tabla 3.2.- Criterio de clasificación según la longitud del túnel.

- Sistema de explotación, siendo este último parámetro, consecuencia de las características físicas y de utilización del túnel.

De acuerdo a estas características del túnel, en ambos documentos, se establecen tres niveles diferentes de explotación:

- Nivel I: Túneles que por sus especiales condiciones requieren una organización específica y permanente para el control y vigilancia de sus instalaciones.
- Nivel II: Túneles que requieren ciertas instalaciones y una vigilancia particular con respecto al resto del trazado.
- Nivel III: Túneles cortos o de poco tráfico que no requieren ningún tipo de instalación específica.

Finalmente, en la Tabla 3.3 se presenta la clasificación de los túneles en función de la longitud y de la intensidad de circulaciones diarias.

NIVEL DE EXPLOTACIÓN SEGÚN TIPO DE TÚNEL				
LONGITUD DEL TÚNEL		INTENSIDAD DE TRÁFICO PREVISTA		
		Muy alta (>200circ./día)	Media alta (>50circ./día>200)	Baja (<50circ./día)
Cortos	L ≤ 1.000 m	II	II	III
Medios	1.000 < L ≤ 5.000 m	I	I	II
Largos	5.000 m < L ≤ 10.000 m	I	I	I
Singulares	L > 10.000 m	I	I	I

Tabla 3.3.- Nivel de explotación según tipo de túnel.

A la hora de redactar este Estudio informativo se puede establecer la intensidad de tráfico de viajeros como:

- Media-Alta. De Valencia a Oliva (50-200 circulaciones / día)
- Baja. De Oliva a Alicante (< 50 circulaciones / día)

La normativa vigente referente a la seguridad en los túneles ferroviarios exige que para túneles de longitud superior a 1 km sea necesaria la ejecución de salidas de emergencia. Estas salidas deberán estar separadas un máximo de 1.000 m si se trata de salidas directas al exterior.

Las salidas de emergencia se pueden realizar mediante pozos (habituales en zonas urbanas y túneles con poca profundidad), galerías o combinaciones de ambos. Las dimensiones mínimas de las salidas tanto laterales como verticales a la superficie deberán tener como mínimo 1,50 m de anchura y 2,25 metros de altura. En el caso de determinar rutas de acceso para equipos de rescate, están tendrán unas dimensiones mínimas de 2,25 m de altura y anchura.

A la hora de definir la tipología de los túneles a proyectar se debe contemplar detenidamente este aspecto por la importante repercusión que estas salidas de emergencia tienen sobre el proyecto.

Siguiendo estas indicaciones se establece que la tipología de los túneles es la presentada en la siguiente tabla.

ALTERNATIVA 1A						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
2+530	2+040	3+020	980	-	-	Falso Túnel
3+535	3+500	3+570	70	-	-	Falso Túnel
4+205	4+100	4+310	210	-	-	Falso Túnel

ALTERNATIVA 1B						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
2+105	1+940	2+270	330	-	-	Falso Túnel

ALTERNATIVA 2A						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
4+615	3+740	5+490	1.750	-	-	Falso Túnel

ALTERNATIVA 3C						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
4+520	4+235	4+805	570	Corto	III	Túnel
5+640	5+410	5+870	460	Corto	III	Túnel
8+240	7+770	8+705	935	Corto	III	Túnel
9+585	9+305	9+865	560	Corto	III	Túnel
19+835	19+170	20+500	1.330	Medios	II	Túnel
22+080	20+975	23+185	2.210	Medios	II	Túnel

ALTERNATIVA 3CBIS						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
4+520	4+235	4+805	570	Corto	III	Túnel
5+640	5+410	5+870	460	Corto	III	Túnel
8+240	7+770	8+705	935	Corto	III	Túnel
9+585	9+305	9+865	560	Corto	III	Túnel
19+835	19+170	20+500	1.330	Medios	II	Túnel
22+080	20+975	23+185	2.210	Medios	II	Túnel

ALTERNATIVA 3D						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
11+455	11+170	11+740	570	Corto	III	Túnel
12+585	12+355	12+815	460	Corto	III	Túnel
15+180	14+720	15+645	925	Corto	III	Túnel
16+520	16+240	16+805	565	Corto	III	Túnel
26+785	26+125	27+445	1.320	Medios	II	Túnel
29+025	27+925	30+125	2.200	Medios	II	Túnel

ALTERNATIVA 4A+5A						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
23+873	23+430	24+315	885	-	-	Falso Túnel
26+330	26+275	26+385	110	-	-	Falso Túnel
27+000	26+925	27+075	150	-	-	Falso Túnel
28+970	28+760	29+180	420	Corto	III	Túnel
30+250	30+115	30+385	270	Corto	III	Túnel

ALTERNATIVA 4B+5A						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
10+895	10+615	11+175	560	-	-	Falso Túnel
13+933	13+465	14+400	935	-	-	Falso Túnel
25+218	24+775	25+660	885	-	-	Falso Túnel
27+675	27+620	27+730	110	-	-	Falso Túnel
28+345	28+270	28+420	150	-	-	Falso Túnel
30+315	30+105	30+525	420	Corto	III	Túnel
31+595	31+460	31+730	270	Corto	III	Túnel

ALTERNATIVA 4B(BIS)+5A						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
25+480	25+035	25+920	885	-	-	Falso Túnel
27+935	27+880	27+990	110	-	-	Falso Túnel
28+605	28+530	28+680	150	-	-	Falso Túnel
30+575	30+365	30+785	420	Corto	III	Túnel
31+855	31+720	31+990	270	Corto	III	Túnel

ALTERNATIVA 6A						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
0+290	0+180	0+400	220	Corto	III	Túnel
1+095	0+550	1+640	1.090	Medios	II	Túnel
2+025	1+940	2+110	170	Corto	III	Túnel
3+485	2+770	4+200	1.430	Medios	II	Túnel
7+150	6+850	7+455	605	-	-	Falso Túnel
7+680	7+560	7+800	240	-	-	Falso Túnel
21+000	20+865	21+140	275	Corto	III	Túnel
21+970	21+900	22+045	145	-	-	Falso Túnel

ALTERNATIVA 6A						
P.K.	P.K. INICIO	P.K. FINAL	LONGITUD (m)		CLASIF.	TIPOLOGÍA
0+290	0+180	0+400	220	Corto	III	Túnel
1+095	0+550	1+640	1090	Medios	II	Túnel
2+025	1+940	2+110	170	Corto	III	Túnel
3+485	2+770	4+200	1430	Medios	II	Túnel
7+150	6+850	7+455	605	-	-	Falso Túnel
7+680	7+560	7+800	240	-	-	Falso Túnel
21+000	20+865	21+140	275	Corto	III	Túnel
21+970	21+900	22+045	145	-	-	Falso Túnel
30+840	30+780	30+895	115	Corto	III	Túnel

### 3.4.- Sección geométrica y funcional

En la definición de la sección tipo de un túnel ferroviario entran en juego diversos factores que condicionan su forma y sus dimensiones: condicionantes aerodinámicos, geotécnicos, geométricos, constructivos, económicos, etc.

Los criterios de salud y confort vinculados a restricciones aerodinámicos de la infraestructura sólo resultan críticos en túneles con tráfico de viajeros y explotación

en alta velocidad, por encima de los 250 Km/h. Puesto que estas circunstancias no se darían en este Estudio Informativo no se tendrán en cuenta estos condicionantes en el diseño de las secciones transversales.

De cara a establecer las secciones tipo de partida, los principales condicionantes que se tendrán en cuenta en este estudio son los datos geométricos y la información geológica-geotécnica disponible.

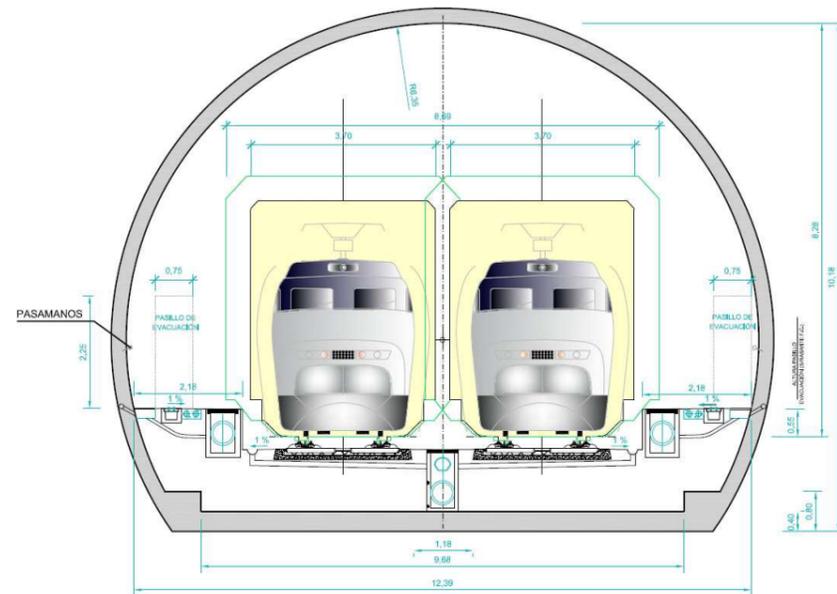
En cuanto a los datos geométricos se han considerado los siguientes:

- Gálibo mínimo: 7,0 m.
- Entreeje en vía doble: 4,3 m.
- Andenes de evacuación en ambos hastiales mínimos: 1,30 m.

Atendiendo a las observaciones anteriores se adoptará la siguiente solución:

- Solución para vía doble se propone una sección libre de 85 m2.

En la siguiente figura se representa una sección tipo para los túneles de tipología monotubo ejecutado con métodos convencionales:



Sección geométrica transversal para los túneles bitubo.

### 3.5.- Sistemas constructivos

#### 3.5.1.- Túneles en mina

A la hora de definir un método constructivo para la excavación de un túnel, se tiene que considerar un abanico de aspectos muy amplio, como son los condicionantes de tipo geotécnico, la geometría y trazado del túnel, los niveles de seguridad durante la excavación, las afecciones a los edificios y otros elementos de la superficie, los aspectos medioambientales, y sin detrimento de los criterios de seguridad y calidad, considerar también los condicionantes de plazo y económicos.

Si bien queda fuera del alcance de este estudio de funcionalidad, realizar un análisis riguroso y exhaustivo de cada uno de los condicionantes que afectarán a la construcción de los túneles de las diferentes alternativas planteadas, sí que se ha realizado una primera discusión, de acuerdo con la información disponible, de los factores más significativos que pueden ser claves a la vez de adoptar un método constructivo, presentando diferentes alternativas consideradas idóneas y que tendrán que ser desarrolladas en futuras fases de proyecto.

En relación con los métodos de construcción para los túneles en mina cabe diferenciar dos divisiones fundamentales:

- Empleo de máquinas integrales (TBM-Tunnel Boring Machine).
- Métodos convencionales.

En este caso se propone la utilización de métodos convencionales.

#### 3.5.2.- Método convencional

##### 3.5.2.1.- Filosofía general del método a emplear

La ejecución de los túneles podría realizarse de acuerdo a la filosofía de construcción conocida como Nuevo Método Austriaco (NMA), que emplea una tecnología de excavación basada en el empleo de bulones, hormigón proyectado, fibra metálica, mallazo y cerchas.

Este método se fundamenta en los siguientes principios básicos.

- La zona de terreno que circunda al túnel interviene en la estabilidad de la excavación y es el principal elemento del que depende. Es decir, es el propio terreno el que se autosostiene, ya que forma un arco de descarga en torno al túnel que transmite las tensiones a ambos lados de éste.
- Como consecuencia de lo señalado en el punto anterior, conviene mantener inalteradas en la medida de la posible, las características del material que rodea al túnel. Para ello es aconsejable emplear cualquier técnica de excavación mecánica.
- Para facilitar la distribución de tensiones en el anillo que rodea el túnel, se definen las secciones tipo con formas circulares, evitando los puntos angulosos.
- Inmediatamente tras la excavación, se coloca sostenimiento primario que estabilizará el túnel. Más adelante, se colocará el revestimiento definitivo y la contrabóveda para asegurar la estabilidad de la excavación a largo plazo y controlar las convergencias residuales.

- El sostenimiento se colocará de forma que deje deformarse al terreno, siempre dentro de la estabilidad del túnel, con objeto de que el terreno desarrolle su capacidad autoportante. La carga que va a soportar el sostenimiento dependerá pues, del momento en que se coloque tras al excavación.
- En la etapa del proyecto se diseñaran varios tipos de sostenimiento a aplicar, según sea la calidad del terreno. Durante la obra, los sostenimientos se optimizan con la información que aporta la instrumentación del túnel y la visualización del macizo rocoso atravesado, los cuales son fundamentales para una perfecta aplicación del método constructivo

Este método se ha propuesto en aquellos túneles con longitudes inferiores a 2,5 km y donde los materiales que se atraviesan son depósitos cuaternarios (asociados a franja litoral, aluviales y coluviales), cretácicos (calizas y dolomías) y terciarios (arcillas, limos, areniscas y conglomerados)

#### 3.5.2.2.- Fases de excavación

El esquema habitual de excavación aconseja realizar la excavación por fases. El método constructivo propuesto, basado en la aplicación de métodos convencionales, define un esquema de ejecución en dos fases, avance y destroza. En las zonas de peores condiciones geotécnicas, se agregará una tercera fase, denominada contrabóveda. A continuación se exponen brevemente diversos aspectos relacionados con la excavación de cada una de estas fases:

1. AVANCE: es la mitad superior de la sección del túnel (zona de bóveda). La sección de excavación de esta fase tiene una altura mínima desde clave de 5,8 m, suficiente para la correcta movilidad de la maquinaria necesaria. En principio, se ejecutará esta fase, en pases sucesivos, hasta calar todo el túnel.
2. DESTROZA: es la mitad inferior de la sección del túnel. Esta fase se comenzará a excavar cuando se haya calado el túnel en sección de avance. Si apareciesen problemas geotécnicos, la excavación de la destroza se podrá subdividir en bataches. En caso de hacerse en dos fases, en primer lugar se excavará una mitad de la sección, se sostendrá su hastial, para, a continuación, excavar la otra mitad y sostener el hastial restante. Otra

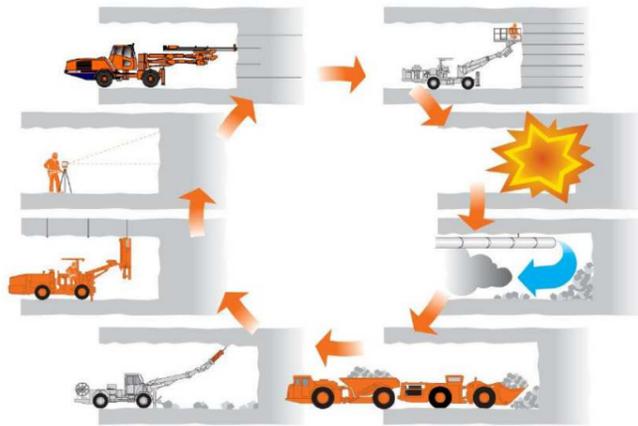
posibilidad será excavar la zona central de la destroza y, posteriormente, excavar las zonas laterales sosteniendo sus respectivos hastiales. Las excavaciones en varias fases reducen al máximo la sección de excavación y, por lo tanto, aumentan la estabilidad.

3. En zonas de mala calidad geotécnica, se ejecutará una tercera fase de CONTRABÓVEDA, excavada bajo la destroza. Esta operación es norma de buena práctica habitual en obras de este tipo. Al atravesar terrenos de mala calidad geotécnica, las tensiones horizontales son mayores que las verticales, por lo que se requiere dar continuidad a dichas tensiones entre hastiales a través de la contrabóveda.

#### 3.5.2.3.- Ciclos de trabajo

La ejecución de la excavación, sostenimiento, impermeabilización y revestimiento de los túneles se realizará de acuerdo a procesos cíclicos. A continuación se describen los ciclos de trabajo a seguir en cada etapa de ejecución:

Excavación y Sostenimiento: La primera etapa en la ejecución de los túneles consistirá en la ejecución de los ciclos de excavación y sostenimiento. En general, cuando el terreno sea de buena calidad, la excavación se desarrollará con voladuras (jumbos perforadores). Cuando el terreno sea blando o de poca resistencia, se emplearán medios mecánicos (retroexcavadoras, rozadoras o martillo picador). La longitud de los pases de excavación dependerá de la calidad del terreno, variando entre 3 m para los terrenos de mejor calidad y 1 m para los de peores características geotécnicas. Simultáneamente a la excavación, se desarrollarán las labores de desescombrado. Una vez finalizado el pase de excavación, se colocará el sostenimiento previsto (hormigón proyectado, bulones, cerchas y mallazo) con ayuda de bulonadoras, jumbos y plataformas elevadoras. El ciclo finaliza con el replanteo del siguiente pase de excavación. Mediante este proceso cíclico, se excavará tanto el avance como la destroza de los túneles y en su caso, la contrabóveda.



Colocación de la impermeabilización y del revestimiento: El proceso constructivo del revestimiento constará de las siguientes fases:

- En primer lugar, se comprobarán escrupulosamente las secciones transversales del túnel para verificar que se dispone de espacio suficiente para obtener un canto mínimo de revestimiento de 30 cm. Para ello, se hará circular por el túnel un carro comprobador de gálibos, que marcará todos los puntos de la periferia del sostenimiento que queden dentro de la sección de revestimiento. A continuación se picarán localmente dichos puntos.
- Posteriormente, se colocará la impermeabilización en todo el túnel.
- En tercer lugar, se hormigonará un muro-zapata hasta la altura correspondiente al inicio de la bóveda. En la parte superior del muro se dejarán embebidas unas roscas para el posterior atornillado de las sujeciones del carro de encofrado (conos de amarre). La misión de los muros - zapata es múltiple: transmisión a la base de los esfuerzos del revestimiento (axiles y flectores), apoyo y sujeción del encofrado de la bóveda, e incluso son parte del propio revestimiento estructural del túnel.
- Posteriormente, se posicionará el carro de encofrado y se hormigonará el revestimiento.
- Por último, se inyectará en el trasdós de clave con lechada de cemento para rellenar los huecos que hayan podido quedar en esta zona durante el hormigonado.

### 3.5.3.- Método de excavación

Finalmente quedaría por determinar el método de excavación. Básicamente existen los siguientes métodos:

- Medios mecánicos convencionales
- Martillo picador
- Perforación y voladura
- Rozadora

Los medios mecánicos convencionales (retroexcavadora) únicamente se podrán emplear en los casos en que el túnel se excave en suelos o roca muy alterada. Por su parte el uso de martillo picador en rocas por fracturadas (como alternativa a la excavación por medios mecánicos) obtiene rendimientos relativamente bajos, por lo que sólo es viable en túneles muy cortos.

Con respecto a la excavación mediante rozadora es un método válido, que obtiene rendimientos muy competitivos y que presenta la gran ventaja de producir una alteración muy reducida del macizo rocoso. Los principales inconvenientes son el coste, superior a de otros alternativos, que lo convierte en poco viable para túneles muy cortos.

Finalmente el método de perforación y voladura es el más versátil, ya que permite atravesar todo tipo de terrenos sin que los rendimientos se vean afectados. Además emplea equipos que requieren muy poca inversión inicial, por lo que es un método muy económico.

### 3.6.- Falsos túneles

Con respecto a los falsos túneles se emplearán diferentes métodos, entre los que cabe destacar:

#### 3.6.1.- Túneles entre pantallas

La primera de las tipologías a estudiar se basa en la ejecución de un túnel a través de pantallas laterales (continuas o de pilotes). Esta tipología consigue reducir la zona de obra al limitar la anchura de la trinchera excavada provisionalmente durante la construcción del falso túnel. Se trata de una tipología adecuada en casos donde

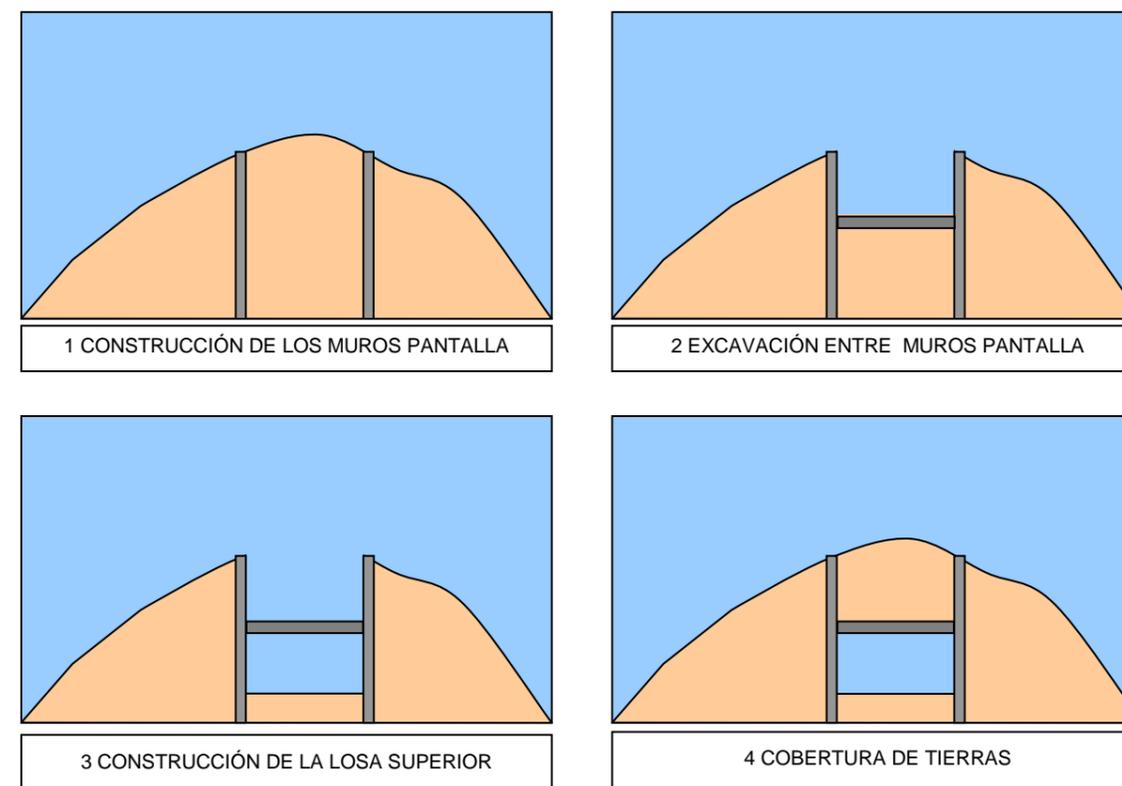
se debe limitar la banda de afección por la construcción del túnel (zonas urbanas), ya que permite limitar el ancho de excavación al ancho libre entre pantallas. A su vez se plantean dos alternativas dentro de esta tipología estructural.

- a. Ejecución de muros pantalla desde superficie hasta la cota necesaria y excavación entre pantallas.

Las fases constructivas correspondientes a las obras de construcción del tramo de túnel artificial entre pantallas siguen un esquema temporal predeterminado que se resume a continuación:

- Desbroce, limpieza del terreno y preparación de la superficie para la ejecución de las pantallas.
- Ejecución de las pantallas laterales.
- Excavación hasta la cota de la losa superior del túnel artificial, preparación de la superficie para el hormigonado, y posterior ejecución de dicha losa.
- Excavación en vaciado del interior del túnel artificial.
- Construcción de la solera, revestimiento y acabados del túnel.
- Relleno de tierras sobre la losa superior, hasta restituir la situación original.

A continuación se presentan unos esquemas explicativos del procedimiento descrito en el presente apartado.



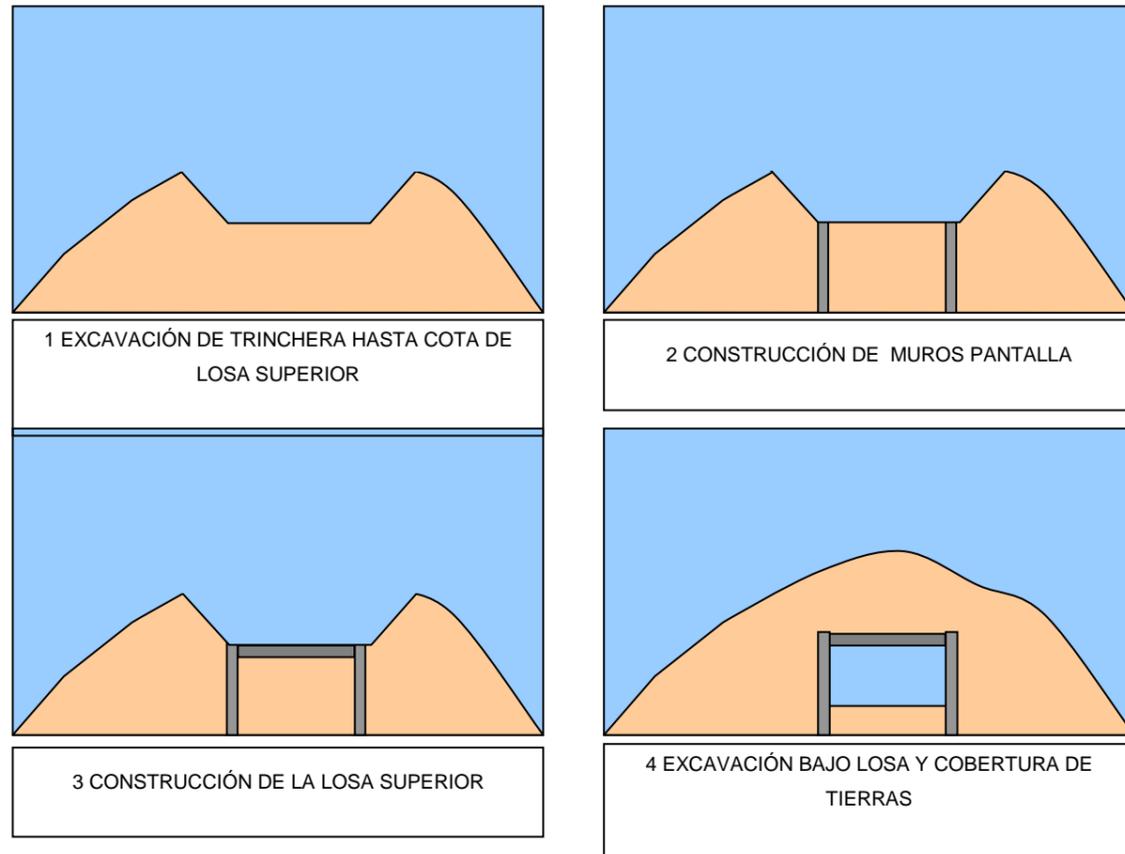
- b. Excavación en trinchera hasta la cota superior de las pantallas, construcción de las pantallas y excavación entre pantallas.

Las fases constructivas correspondientes a esta tipología siguen un esquema temporal predeterminado que se resume a continuación:

- Desbroce, limpieza del terreno y preparación de la superficie para la ejecución de las pantallas.
- Excavación en trinchera hasta la cota de la losa superior
- Ejecución de las pantallas laterales.
- Excavación hasta la cota de la losa superior del túnel artificial, preparación de la superficie para el hormigonado, y posterior ejecución de dicha losa.
- Excavación en vaciado del interior del túnel artificial.

- Construcción de la solera, revestimiento y acabados del túnel.
- Relleno de tierras sobre la losa superior, hasta restituir la situación original.

A continuación se presentan unos esquemas explicativos del procedimiento descrito en el presente apartado.



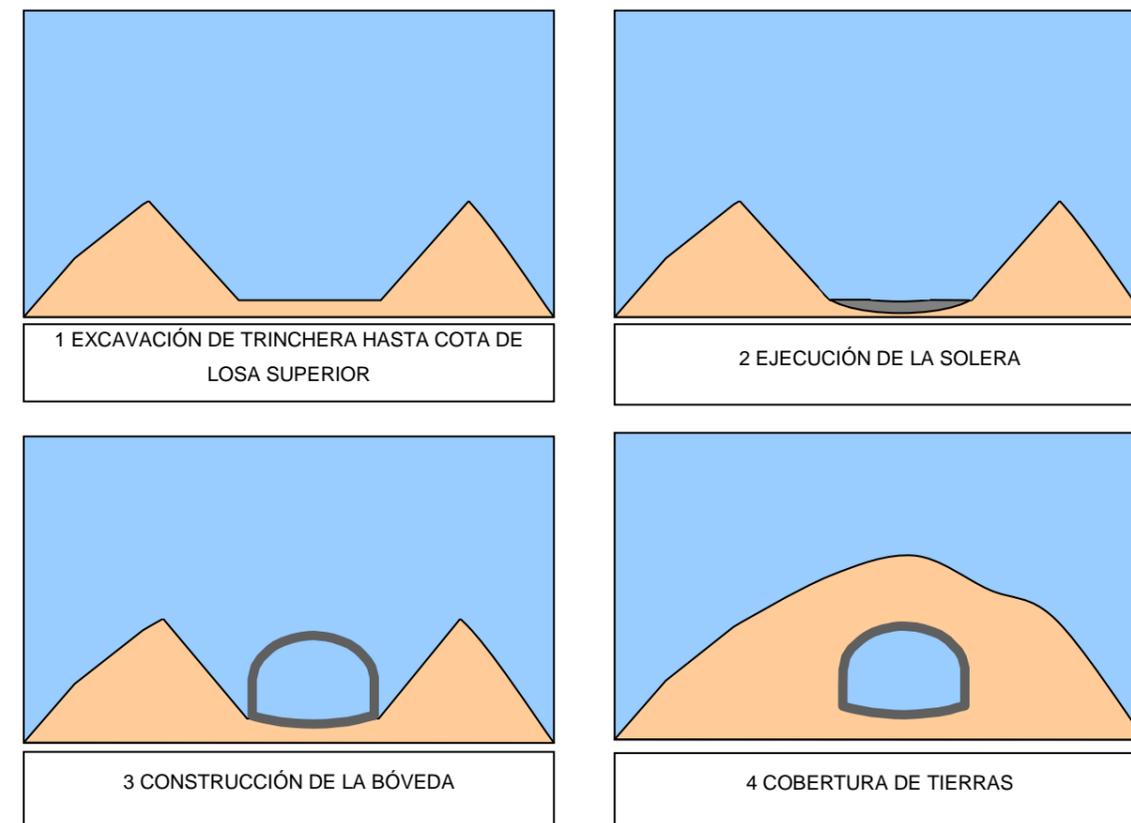
### 3.6.2.- Falso túnel en bóveda

Esta segunda tipología se corresponde con una estructura del túnel compuesta por una bóveda de hormigón armado apoyada sobre una solera "in situ" de hormigón armado. Esta sección requiere una excavación previa que sería un inconveniente en el caso de existir elementos que no pudieran verse afectados por las obras en la zona a excavar. A su favor cuenta con el mejor comportamiento estructural de la bóveda frente a la losa y las pantallas en casos de elevada cobertura de tierras.

Se prevé el siguiente proceso constructivo:

- Excavación del terreno natural hasta la cota de la solera.
- Ejecución de la solera del túnel.
- Ejecución de la bóveda.
- Relleno final sobre la bóveda hasta cota definitiva.

A continuación se presentan unos esquemas explicativos del procedimiento descrito en el presente apartado:



### 3.7.- Sostenimientos

Los elementos de sostenimiento que se prevén que puedan ser utilizados, como se ha indicado en apartados anteriores, son los típicos que habitualmente se emplean en el nuevo método austriaco: hormigón proyectado, bulones y cerchas metálicas.

Sin embargo, en los últimos años la tecnología de los elementos de sostenimiento que se utilizan en la construcción de túneles ha variado apreciablemente, por lo que en los apartados siguientes se establecen los criterios que se ha seguido en la selección de los elementos de sostenimiento.

#### 3.7.1.- Hormigón proyectado

En los últimos años el hormigón proyectado por vía húmeda se ha ido imponiendo paulatinamente al tradicionalmente utilizado método por vía seca. Esto ha sucedido en base a las razones siguientes: el hormigón proyectado por vía húmeda es de mejor calidad que el proyectado por vía seca; la producción de polvo durante la proyección por vía húmeda es mucho menor que en el caso de la vía seca y, por último, con la vía húmeda se consiguen pérdidas por rebote del orden del 10% cuando por vía seca difícilmente se baja del 20%.

Por lo que se refiere al menor índice de rebote, que se consigue por vía húmeda, hay que señalar que los buenos resultados que se consiguen se deben en gran parte, a la utilización de aditivos a base de microsílíce que también pueden utilizarse por vía seca.

También hay que destacar el notable progreso que se ha conseguido en la tecnología de las máquinas de hormigón por vía húmeda que, asociadas a un brazo de proyección comandado electro-hidráulicamente a distancia, permiten alcanzar rendimientos efectivos de proyección comprendidos entre 15 y 20 m<sup>3</sup>/h.

De acuerdo con todo lo anterior, se propone adoptar como método de puesta en obra del hormigón proyectado el de vía húmeda.

En la puesta en obra, una vez saneada la excavación, se dispondrá una capa de sellado de hormigón proyectado reforzado con fibras de acero. Esta capa tiene como misión garantizar a corto plazo la estabilidad de la sección, evitando con ello los fenómenos de venteo y alteración que pudieran originar desprendimientos de fragmentos en la zona de trabajo. El resto de gunita prevista se aplicará sobre esta capa, teniendo en cuenta que el espesor máximo de una capa de hormigón ejecutada en una sola fase no podrá exceder de 20 cm.

#### 3.7.2.- Refuerzo de hormigón proyectado

Tradicionalmente, el hormigón proyectado se asocia al uso, como elemento de refuerzo, de mallazo electrosoldado con luces de 150 mm y diámetro de los redondos entre 4 y 8 mm.

En los últimos años se ha iniciado la sustitución del mallazo electrosoldado por fibras de acero que se incorporan a la dosificación del hormigón a proyectar.

La utilización de estas fibras presenta dos claras ventajas; una se concreta en la apreciable economía de tiempo que se consigue respecto a la colocación del mallazo y otra en las mayores características de resistencia residual, en la post-rotura, que se logra con el empleo de fibras.

De estas dos ventajas, la primera tiene una incidencia neta en la construcción, mientras que la segunda es más teórica; ya que en las condiciones habituales en la construcción de túneles el sostenimiento no suele plastificar hasta llegar a la rotura.

Por el contrario, la sustitución del mallazo por las fibras de acero presenta algunos problemas de control; tanto de los espesores de hormigón proyectado que realmente se consiguen, como de la dosificación efectiva de las fibras de acero.

En cualquier caso, estos problemas se pueden solucionar fácilmente con un control de ejecución de la obra, que tenga permanencia constante en todas las fases del proceso de construcción.

Por todo lo anterior, se propone reforzar el hormigón de sostenimiento mediante fibras de acero incorporadas a la dosificación del hormigón proyectado.

### 3.7.3.- Bulones

En la actualidad, salvo aplicaciones puntuales no generalizables, en la construcción de túneles se utilizan tres tipos de bulones: redondos corrugados anclados con resina o cemento, bulones friccionantes de expansión colocados mediante hinchado por agua a presión y bulones de resina de poliéster armada con fibras de vidrio.

Los bulones friccionantes, colocados mediante hinchado con agua a 300 kp/cm<sup>2</sup> fueron comercializados a partir de 1982 y se han ido introduciendo paulatinamente en la construcción de túneles, siendo ahora los que más comúnmente se colocan.

Se recomienda la utilización de bulones de expansión, debido a motivos de seguridad por un lado, y rapidez por otro, tanto de colocación como de actuación, frente a posibles caídas de bloques, que podrían afectar a la seguridad del personal de la obra. Además, la rapidez de colocación y de actuación de estos bulones frente a otros sistemas de fraguado más lento, permite al personal de servicio estar menos tiempo debajo de la zona de anclaje y situarse algo más alejados de la zona de desprendimientos, al utilizar para el inflado del bulón una lanza de 1,5 m de longitud. Toda esta serie de ventajas se traducen en un mayor rendimiento de colocación y una mayor seguridad.

Por el contrario, como inconvenientes hay que señalar que es algo más sensible frente a la corrosión a medio-largo plazo respecto a los bulones anclados con resina o cemento.

Los bulones a base de resina poliéster con fibra de vidrio, que se anclan como los tradicionales con resina o cemento, son conocidos desde los años 70, pero su utilización se ha intensificado en los últimos años. Esto se ha debido a que una empresa suiza ha resuelto uno de los problemas más importantes que presentaban, al sustituir la fijación de la placa de reparto mediante un sistema de cuña, que era

poco fiable, por otro a base de una rosca realizada con material plástico de alta resistencia que funciona muy satisfactoriamente.

Estos bulones tienen una excelente resistencia a la corrosión, poco peso, mayor resistencia específica que los hechos con acero y una resistencia al corte muy baja que permite sean cortados sin problemas por las máquinas de excavación mecánica. Como mayor inconveniente hay que señalar su precio, que es notablemente superior al de los bulones convencionales de características similares. Aunque su utilización está creciendo en terrenos con peligro de corrosión; por ahora su utilización sigue siendo minoritaria.

Los bulones anclados con resina o cemento son los que presentan mejor precio respecto a las otras opciones. Estos bulones presentan el inconveniente de que el anclaje tiene un difícil control y pueden presentarse huecos y oclusiones de aire, aunque con un buen control de obra se logra un buen acabado de los mismos, minimizando este problema.

En base a lo anteriormente expuesto se considera que lo más adecuado es el empleo de bulones de expansión de tipo friccionante tipo SWELLEX o similar.

### 3.7.4.- Cerchas

Tradicionalmente se han venido empleando como elemento de sostenimiento en terrenos de baja calidad cerchas de distintos perfiles y calidades de aceros, embebidas en hormigón, ya sea bombeado o proyectado.

Los perfiles más comunes son los del tipo THN, HEB o reticuladas. Los primeros, por su sección en T son más flexibles y permiten una puesta en obra más fácil, pudiendo ser atresillonados mediante barras corrugadas de acero o ser fijadas al terreno mediante bulones anclados o friccionantes. Los segundos, más rígidos y por tanto menos deformables, son más adecuados cuando el terreno transmite cargas muy altas, ya que se fabrican con aceros de límite elástico superiores a las de las cerchas THN, y por tanto trabajan en régimen elástico sin grandes deformaciones. Los terceros son más ligeros en igualdad de resistencia a flexión además de permitir

el hormigonado de una forma más correcta al eliminar el efecto sombra cuando se proyecta sobre ellos; además se pueden emplear para controlar que los espesores que se colocan sirviendo como elementos señalización de la superficie final del hormigón proyectado.

Las cerchas deberán quedar arriestradas longitudinalmente mediante tresillones constituidos por redondos de acero de 20 mm, soldados a las cerchas, o mediante perfiles laminados de pequeña sección. Los huecos existentes entre las cerchas y el terreno se deberán rellenar con hormigón proyectado. Asimismo, las cerchas deberán quedar recubiertas por un grosor mínimo de 3 cm de gunita.

### 3.7.5.- Maquinaria utilizada

Cada uno de estos elementos requiere unos medios y maquinaria específicos que se estudian a continuación.

#### Bulones

La perforación se realizará con un jumbo, que será capaz de realizar taladros de al menos, 6 metros. Esta máquina permite alcanzar altos rendimientos y acortar los ciclos de trabajo. Este trabajo debe realizarse lo antes posible después de la excavación y de la proyección de la capa de sellado.

Una vez terminada la perforación, se limpiarán los agujeros con cuidado, realizándose esta operación con aire comprimido si se apreciase riesgo de obturación del taladro.

La colocación de los bulones es una operación que requiere particular atención en su ejecución, ya que condicionará la eficacia de éstos. Para ello es aconsejable utilizar una plataforma móvil (independiente o montada sobre el jumbo), que permita alcanzar cualquier punto de la bóveda y realizar los trabajos con seguridad y estabilidad. Es importante que el taladro quede limpio y se ancle lo antes posible siguiendo todos los procesos para que el bulón quede correctamente anclado.



Fotografía 1.- Jumbo de dos brazos perforadores hidráulicos.

#### Hormigón proyectado

El hormigón proyectado tiene la misión principal de sellar la superficie de la roca, cerrando las juntas y evitando la descompresión y alteración del macizo, pudiendo resistir además los esfuerzos solicitados por pequeñas cuñas o bloques de roca. Una vez terminadas las labores de desescombro y saneo, es conveniente aplicar, en el menor tiempo posible, una primera capa de sellado. Una vez concluidos los trabajos de colocación del resto del sostenimiento, se procederá a proyectar por capas, hasta conseguir el espesor mínimo propuesto por el tipo de sostenimiento elegido para atravesar esa zona.

La puesta en obra se realizará con un robot de gunitado por vía húmeda y flujo denso de alto rendimiento, ya que la longitud del perímetro de la sección obliga a utilizar una máquina de gran capacidad para no alargar en exceso los ciclos de trabajo. Esta máquina equipará todos los accesorios necesarios: gunitadora, brazo de proyección articulado, tolvas para la recepción del hormigón y la adición de aditivos y chasis automóvil. La mezcla de los componentes del hormigón se realizará normalmente en planta de hormigón, aunque también podrá realizarse a boca de túnel. Los aditivos se añadirán mediante la bomba dosificadora que porta la máquina.

Siempre que el túnel lo permita, el abastecimiento de hormigón se realizará con cubas de hormigón convencionales debido a su versatilidad y bajo coste. El número de cubas depende de la distancia entre el frente de trabajo y la planta de hormigón.

El equipo de proyección debe limpiarse y revisarse minuciosamente al finalizar cada turno de trabajo, siendo estas operaciones de gran importancia para la correcta ejecución de los trabajos de proyección.

Como reserva y como previsión ante posibles inestabilidades o averías, se dispondrá de un segundo equipo de proyección de menor rendimiento.

### **Cerchas**

Para la colocación de las cerchas se debe disponer de una plataforma de elevación móvil independiente que permita el acceso a cualquier punto del tajo y realizar los trabajos con seguridad y estabilidad.

Como elementos auxiliares deberán disponerse además de equipos de oxicorte, unidad móvil de soldadura eléctrica y herramienta de mano.



*Fotografía 2.- Gunitado sobre plataforma elevadora.*



*Fotografía 3.- Plataforma de elevación móvil para colocación de cerchas.*

### 3.8.- Emboquilles

Dentro del concepto de emboquilles se agrupan tanto los trabajos que deben realizarse en el terreno para el inicio del túnel, como la construcción de los portales definitivos del mismo. En los apartados siguientes se presentan los criterios de diseño que se tendrán que adoptar en fases posteriores.

#### 3.8.1.- Criterios Generales

A continuación se resumen las normas que se consideran de buena práctica para la ejecución de emboquilles de túneles que puedan presentar problemas de estabilidad en los taludes. Los criterios y filosofía de diseño que se consideran básicos son los siguientes:

- Búsqueda de zonas sin síntomas de deslizamiento que podrían activarse con las excavaciones.
- Simetría del emboquille para evitar empujes asimétricos. Es recomendable en ocasiones esviar el talud frontal respecto al eje del túnel, para reducir los desmontes que dan lugar a geometrías muy asimétricas. En otros casos será más adecuado independizar las bocas de túneles gemelos.
- Protección con hormigón proyectado, mallazo, y bulones si es necesario, de los taludes de emboquille. En especial el banco inferior del talud frontal.
- Realización de un paraguas de presostenimiento en los primeros metros del túnel.
- Se debe llevar a cabo una restauración morfológica hacia formas suaves y redondeadas, eliminando aristas y perfiles rectilíneos.
- Para disminuir el impacto paisajístico, en las bocas de los túneles se recomienda disponer falsos túneles de longitud suficiente para establecer líneas de relieve continuas, similares a las iniciales.

#### 3.8.2.- Taludes provisionales

La idea básica que se debe perseguir con el diseño de los taludes provisionales, durante la construcción del túnel, es conseguir unas buenas condiciones de seguridad durante la ejecución de estos trabajos y una afección mínima al medio ambiente.

Dado que la construcción de un emboquille supone, en la mayoría de los casos, aumentar la pendiente de los taludes naturales, lo cual reduce su estabilidad; como criterio general se considera indispensable construir un paraguas de protección antes del inicio de la excavación.

Las características del paraguas de protección deben acomodarse a las del terreno. Así, en principio, en todos los emboquilles el paraguas deberá ser del tipo pesado.

Los primeros metros de la excavación en túnel deben realizarse con especial cuidado con objeto de no afectar negativamente al terreno remanente de los taludes próximos.

La excavación deberá iniciarse una vez ejecutado el paraguas de protección, y se adoptará un sostenimiento pesado constituido por cerchas metálicas, siendo la longitud del pase como máximo de 1,0 m.

En cada frente se colocarán, antes de iniciar la excavación, varias cerchas prolongando el sostenimiento del túnel a modo de visera de protección.

#### 3.8.3.- Taludes definitivos

Para el diseño de los taludes definitivos de los emboquilles se tratará de lograr el mínimo impacto de la obra dentro de su entorno.

Para ello se han proyectado túneles artificiales de longitud adecuada para conseguir la máxima integración de la obra en el entorno.

## 3.9.- Resumen de túneles

ALTERNATIVA	P.K.	P.K. Inicio	P.K. Final	Longitud (m)		Clasificación	Tipología	Material Atravesado
ALTERNATIVA 1A	2+530	2+040	3+020	980	-	-	Falso Túnel	Alternancia de arcillas limosas y/o arenosas y gravas
	3+535	3+500	3+570	70	-	-	Falso Túnel	Alternancia de arcillas limosas y/o arenosas y gravas
	4+205	4+100	4+310	210	-	-	Falso Túnel	Arcillas con arenas y concreciones
ALTERNATIVA 1B	2+105	1+940	2+270	330	-	-	Falso Túnel	Alternancia de arcillas limosas y/o arenosas y gravas
ALTERNATIVA 2A	4+615	3+740	5+490	1750	-	-	Falso Túnel	Arcillas limosas, gravas y arenas
ALTERNATIVA 3C	4+520	4+235	4+805	570	Corto	III	Túnel	Calizas, dolomías y margas
	5+640	5+410	5+870	460	Corto	III	Túnel	Calizas, dolomías y margas
	8+240	7+770	8+705	935	Corto	III	Túnel	Calizas y margas
	9+585	9+305	9+865	560	Corto	III	Túnel	Calizas y margas
	19+835	19+170	20+500	1330	Medios	II	Túnel	Calizas y calcarenitas
	22+080	20+975	23+185	2210	Medios	II	Túnel	Calizas brechificadas
ALTERNATIVA 3CBIS	4+520	4+235	4+805	570	Corto	III	Túnel	Calizas, dolomías y margas
	5+640	5+410	5+870	460	Corto	III	Túnel	Calizas, dolomías y margas
	8+240	7+770	8+705	935	Corto	III	Túnel	Calizas y margas
	9+585	9+305	9+865	560	Corto	III	Túnel	Calizas y margas
	19+835	19+170	20+500	1330	Medios	II	Túnel	Calizas y calcarenitas
	22+080	20+975	23+185	2210	Medios	II	Túnel	Calizas brechificadas
ALTERNATIVA 3D	11+455	11+170	11+740	570	Corto	III	Túnel	Calizas, dolomías y margas
	12+585	12+355	12+815	460	Corto	III	Túnel	Calizas, dolomías y margas
	15+180	14+720	15+645	925	Corto	III	Túnel	Calizas y margas
	16+520	16+240	16+805	565	Corto	III	Túnel	Calizas y margas
	26+785	26+125	27+445	1320	Medios	II	Túnel	Calizas y calcarenitas
	29+025	27+925	30+125	2200	Medios	II	Túnel	Calizas brechificadas
ALTERNATIVA 4A+5A	23+870	23+430	24+315	885	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	26+330	26+275	26+385	110	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	27+000	26+925	27+075	150	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	28+970	28+760	29+180	420	Corto	III	Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	30+250	30+115	30+385	270	Corto	III	Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas

ALTERNATIVA	P.K.	P.K. Inicio	P.K. Final	Longitud (m)		Clasificación	Tipología	Material Atravesado
<b>ALTERNATIVA 4B+5A</b>	10+895	10+615	11+175	560	-	-	Falso Túnel	Calizas y margo-calizas
	13+930	13+465	14+400	935	-	-	Falso Túnel	Arcillas limosas y/o arenosas y gravas
	25+210	24+775	25+660	885	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	27+675	27+620	27+730	110	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	28+345	28+270	28+420	150	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	30+315	30+105	30+525	420	Corto	III	Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	31+595	31+460	31+730	270	Corto	III	Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
<b>ALTERNATIVA 4B(BIS)+5</b>	25+480	25+035	25+920	885	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	27+935	27+880	27+990	110	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	28+605	28+530	28+680	150	-	-	Falso Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	30+575	30+365	30+785	420	Corto	III	Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
	31+855	31+720	31+990	270	Corto	III	Túnel	Margas, margo-calizas y areniscas
<b>ALTERNATIVA 6A</b>	0+290	0+180	0+400	220	Corto	III	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	1+095	0+550	1+640	1090	Medios	II	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	2+025	1+940	2+110	170	Corto	III	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	3+485	2+770	4+200	1430	Medios	II	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	7+150	6+850	7+455	605	-	-	Falso Túnel	Margas, calizas, margo-calizas
	7+680	7+560	7+800	240	-	-	Falso Túnel	Margas, calizas, margo-calizas
	21+000	20+865	21+140	275	Corto	III	Túnel	Calizas y margo-calizas
	21+970	21+900	22+045	145	-	-	Falso Túnel	Calizas y margo-calizas
<b>ALTERNATIVA 6C</b>	0+290	0+180	0+400	220	Corto	III	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	1+095	0+550	1+640	1090	Medios	II	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	2+025	1+940	2+110	170	Corto	III	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	3+485	2+770	4+200	1430	Medios	II	Túnel	Margas-arcillosas, areniscas, margo-calizas y calizas
	7+150	6+850	7+455	605	-	-	Falso Túnel	Margas, calizas, margo-calizas
	7+680	7+560	7+800	240	-	-	Falso Túnel	Margas, calizas, margo-calizas
	21+000	20+865	21+140	275	Corto	III	Túnel	Calizas y margo-calizas
	21+970	21+900	22+045	145	-	-	Falso Túnel	Calizas y margo-calizas
	30+840	30+780	30+895	115	Corto	III	Túnel	Calizas y margo-calizas