

ANEJO Nº 12. ESTRUCTURAS Y TÚNELES

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ESTRUCTURAS.....	4
2.1. CRITERIOS EMPLEADOS.....	4
2.1.1. Viaductos.....	4
2.1.2. Pérgolas	13
2.1.3. Cajones empujados	15
2.1.4. Pasos superiores.....	16
2.1.5. Pasos inferiores.....	24
3. TÚNELES	32
3.1. CRITERIOS EMPLEADOS.....	32
3.2. CÁLCULO DE LA SECCIÓN LIBRE	32
3.2.1. Cálculo aerodinámico de la sección de los túneles.....	32
3.2.2. Metodología de cálculo de la sección libre	32
3.3. RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO	33
3.3.1. Túnel Alternativa 4.1 (P.K. 14+600-P.K. 15+645)	33
3.3.2. Túnel Alternativa 4.2 (P.K. 14+335-P.K. 15+440)	36
3.3.3. Túnel Alternativa 4.3 (P.K. 13+465-P.K. 14+115)	39
3.3.4. Túnel Alternativas 5.1 y 5.2 (P.K. 10+530-P.K. 22+290)	42
3.3.5. Túnel Alternativas 7.1 y 7.2 (P.K. 10+700-P.K. 17+430)	45
3.4. CONCLUSIONES	48

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del presente Estudio Informativo y dada la orografía accidentada que presenta el terreno, es necesario disponer un número considerable de túneles y viaductos.

Se ha previsto un total 7 túneles dentro de las distintas alternativas, cuya longitud oscila entre los 650 m y 6730 m.

Los viaductos tienen longitudes comprendidas entre los 15 y 1550 m.

En el presente anejo se encajan las estructuras existentes en el trazado, tanto las que sirven para que la línea ferroviaria salve ríos, carreteras o caminos, como las que se van a utilizar para reponer el servicio en vías interceptadas por el trazado. Por lo tanto los diferentes tipos de estructuras, así como las tipologías estudiadas de cada una de ellas, se listan a continuación:

- Viaductos.
 - Tipo I. Viga artesa continua.
 - Tipo II. Viga artesa isostática.
 - Tipo III. Cajón monocelular.
- Pérgolas.
- Pasos superiores.
 - Tipo I. Carreteras.
 - Tipo II. Caminos.
- Pasos Inferiores
 - Tipo I. Carreteras.
 - Tipo II. Caminos.
- Cajones empujados

Además se incluye la descripción de los túneles proyectados y la justificación de la sección libre adoptada para cada uno de ellos calculada según las especificaciones de la ficha UIC 779-11.

El tramo de estudio se encuentra en la Comunidad Autónoma de Aragón, entre las provincias de Teruel y Zaragoza. El trazado del presente estudio se ha dividido en 11 tramos con 21 alternativas, los tramos considerados , así como las alternativas que incluyen, se adjuntan en el cuadro siguiente:

E.I. CORREDOR-CANTÁBRICO-MEDITERRÁNEO. TRAMO: TERUEL-ZARAGOZA				
TRAMIFICACION	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD	MARGEN DUPLICACION
TRAMO 1				
Alternativa 1.0	1+000.000	5+629.899	4,629.90	MI 1+000-4+640 MD 5+275 - FINAL
Alternativa 1.1	1+000.000	5+506.717	4,506.72	MI 1+000 - 1+800
Alternativa 1.2	1+000.000	5+533.669	4,533.67	MI 1+000 - 3+120
TRAMO 2				
Alternativa 2.0	2+000.000	53+635.983	51,635.98	MD
TRAMO 3				
Alternativa 3.0	3+000.000	11+002.472	8,002.47	MD
Alternativa 3.1	3+000.000	10+879.627	7,879.63	
TRAMO 4				
Alternativa 4.1	4+000.000	19+235.000	15,235.00	
Alternativa 4.2	4+000.000	19+027.451	15,027.45	
Alternativa 4.3	4+000.000	20+001.870	16,001.87	MD 10+530 - 12+760
TRAMO 5				
Alternativa 5.1	5+000.000	17+896.477	12,896.48	
Alternativa 5.2	5+000.000	18+660.927	13+660.927	
TRAMO 6				
Alternativa 6.0	6+000.000	17+804.293	11,804.29	MD 6+000 -12+555 MI 13+425 - FINAL
TRAMO 7				
Alternativa 7.1	7+000.000	31+144.864	24,144.86	MI 7+000 - 7+170 MI 7+790 - 8+890 MD 21+210 - 23+880 MD 31+055 - 31+144
Alternativa 7.2	7+000.000	32+842.550	25,842.55	MI 7+000 - 7+170 MI 7+790 -- 8+890 MD 21+210 – 23+895 MI 24+970 – 25+385
TRAMO 8				
Alternativa 8.0	8+000.000	29+364.804	21,364.80	MD
Alternativa 8.1	8+000.000	29+266.071	21,266.07	MD 8+000 - 15+210 MD 17+900 - 29+266
TRAMO 9				
Alternativa 9.0	9+000.000	20+325.556	11,325.56	MD 9+000-18+730 MI 19+710 - FINAL
Alternativa 9.1	9+000.000	20+302.629	11,302.63	MD 13+045 - 18+705 MI 19+145 - FINAL

E.I. CORREDOR-CANTÁBRICO-MEDITERRÁNEO. TRAMO: TERUEL-ZARAGOZA				
TRAMIFICACION	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD	MARGEN DUPLICACION
Alternativa 9.2	9+000.000	20+325.770	11,325.77	MD 16+810 - 18+730 MI 19+170 - FINAL
TRAMO 10				
Alternativa 10.1	10+000.000	12+943.481	2,943.48	
TRAMO 11				
Alternativa 11.1	11+000.000	15+002.990	4,002.99	

2. ESTRUCTURAS

Se incluye seguidamente una relación de la bibliografía empleada para realizar el encaje de las distintas estructuras:

- Puentes I - Javier Manterola: Puentes vigas, puentes losa y puentes cajón
- Puentes II- Javier Manterola: Pilas y estribos
- Instrucción sobre las acciones a considerar en el proyecto de puentes de carretera. IAP 1998. Ministerio de Fomento.
- Instrucción de acciones a considerar en el proyecto de obras de ferrocarril IAPF 2007.
- Norma Adif Plataforma NAP 2-0-0.1, Puentes y Viaductos ferroviarios.
- Norma Adif Plataforma NAP 2-0-0.4, Pasos superiores.
- Norma Adif Plataforma NAP 2-0-0.5, Pasos inferiores.
- Instrucciones y recomendaciones para la redacción de proyectos de plataforma. IGP 2011. ADIF.
- Guía de cimentaciones en obras de carretera. Ministerio de Fomento.

2.1. CRITERIOS EMPLEADOS

Se ha definido la tipología de las estructuras agrupándolas según su funcionalidad y dimensiones. Se ha procedido a posteriori a realizar su encaje de acuerdo con la normativa vigente y con un criterio uniforme con el fin de dar homogeneidad al tratamiento de las alternativas estudiadas.

A continuación se describen los criterios de encaje seguido para cada una de las tipologías utilizadas.

2.1.1. Viaductos

Se ha podido observar en el tramo de estudio la existencia de viaductos de gran longitud.

Por lo tanto el primer condicionante que se plantea, en función de la longitud del viaducto, es la

necesidad disponer, o no, aparatos de dilatación de vía. A este respecto se puede establecer el siguiente criterio:

- Viaductos con longitud dilatable < 90 metros: En estos casos no es necesario disponer aparatos de dilatación de vía (ADV en adelante), ya que la sobretensión que se introduce al carril, debido a movimientos relativos tablero-vía, no es de gran importancia.
- Viaductos con longitud dilatable > 90 metros: En estos sí que es necesario disponer ADV. A este respecto la IGP indica lo siguiente: “En los casos en los que el tramo continuo de tablero supera los 90 metros de longitud es necesario realizar un estudio sobre los movimientos previsibles para determinar la carrera del aparato de dilatación de vía necesario en cada caso...”. De nuestra experiencia (y conforme al criterio habitual) en este tipo de estudios se obtiene siempre que es necesario al menos disponer un ADV.

Por otro lado también se limita el número de ADV’s, estableciendo la IGP que: “Se evitará una tipología de viaducto que obligue a la disposición de dos aparatos de dilatación, siempre que pueda resolverse con otra tipología que precise de un solo aparato.”

Se destaca también, que la máxima carrera que soportan los ADV que se comercializan en el mercado, ronda los 1.200 mm, lo que lleva a longitudes dilatables máximas de viaducto de unos 100 metros.

Una vez definido este primer condicionante, se prosigue con la definición de los criterios generales a aplicar a la hora de disponer una tipología u otra. Para ello, se vuelve a recurrir a lo establecido en la IGP, que establece como norma general lo que se adjunta a continuación:

- “Respecto a la tipología del tablero, es recomendable para alta velocidad que sea hiperestático, pues su comportamiento frente a un posible frenado es más favorable.
- Además el comportamiento dinámico de los viaductos hiperestáticos es más adecuado que el comportamiento que tienen los viaductos isostáticos.
- Salvo justificación especial, no se dispondrán aparatos de apoyo de neopreno zunchado, debiéndose recurrir, en general, al empleo de aparatos tipo “POT” de neopreno confinado y teflón fijos o móviles.
- Para vanos inferiores a 30,0 m se considerarán, salvo justificación en contra, secciones transversales del tablero en losa de hormigón pretensado formada por un núcleo central y voladizos laterales para completar el ancho total de tablero. En el núcleo central se dispondrán aligeramientos cilíndricos longitudinales de sección transversal circular u otra cualquiera adecuada al hormigonado. Alternativamente, en casos en los que se deba respetar el tráfico inferior durante la construcción u otros debidamente justificados, se podrá plantear el empleo de soluciones prefabricadas, isostáticas o preferiblemente hiperestáticas. En estos casos se utilizarán dos elementos prefabricados de sección en artesa, situados bajo cada una de las vías.
- Para vanos superiores a 30,0 m se utilizarán, salvo justificación, tableros de hormigón pretensado con secciones transversales en cajón con voladizos. El canto será constante o

variable, dependiendo de las luces de la estructura.”

Por lo tanto, y a raíz de lo que se ha podido ver en párrafos anteriores, en el caso de tener estructuras de longitudes muy grandes, con vistas a evitar la necesidad de disponer más de un ADV, y en el caso en que la altura de la rasante no sea excesivamente alta, la solución adoptada consistiría en utilizar vanos isostáticos, en los que se dispondrá en cada una de las pilas, un punto fijo y uno móvil, consiguiendo de esta forma reducir la longitud dilatable, a la longitud del vano, permitiendo de esta forma evitar la necesidad de disponer ADV.

A modo de resumen el criterio seguido para el encaje es el siguiente:

- Para longitudes de viaducto superior a 700 metros y luz de vano inferior a 40 metros, se ha optado por el empleo de vigas artesas sin continuidad de tablero (estructura isostática). En estos casos se materializa en cada pila un apoyo fijo y un apoyo móvil, estableciendo una junta de tablero en cada pila, reduciendo de esta forma la longitud de dilatación, no siendo necesario el empleo de ADV.
- Para longitudes de viaducto inferior a 700 metros:
 - Se ha optado por el empleo de cajones monocelulares hiperestáticos en los casos en los que no se deba respetar el tráfico inferior, con longitudes de vano de hasta 45 metros. En estos casos se puede utilizar un único ADV.
 - Se ha optado por el empleo de vigas artesas con continuidad de tablero (estructura hiperestática) con longitud de vano máxima de 45 metros en los casos que el obstáculo a salvar, consiste en una línea de ferrocarril o una vía existente, en las cuales, la no interferencia y la no afección al normal funcionamiento de la vía existente, son un condiciona el uso de elementos prefabricados. En estos casos se puede utilizar un único ADV.

2.1.1.1. Tablero Tipo I. (Viga artesa continua)

Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

- 1) Tipología: Puente con tablero continuo, formado por cajones de hormigón prefabricado tipo artesa pretensado, con losa superior de hormigón armado sobre prelosas.
- 2) Luces tipo: Se plantean luces centrales del orden de 40 metros y vanos laterales extremos de compensación que cumplan con la relación $L_{extremo}=0.7 \cdot L_{central}$.
- 3) Ancho del tablero: Se plantean dos opciones. Para el caso de coexistencia de dos vías sobre el tablero, la anchura del mismo es de 14 metros conforme a lo establecido en la IGP – 11. En el caso que exista una única vía sobre la estructura, el ancho del tablero será de 8.50 metros.
- 4) Canto: El canto mínimo de la losa superior de hormigón, es de 30 cm en el extremo del tablero, incrementándose dicho canto conforme nos acercamos al eje de la vía, con una pendiente del 2%.

El canto total (viga + losa superior) se obtiene según la relación $L/15$. Dado que la luz máxima es

del orden de $L = 40$ metros, tenemos que:

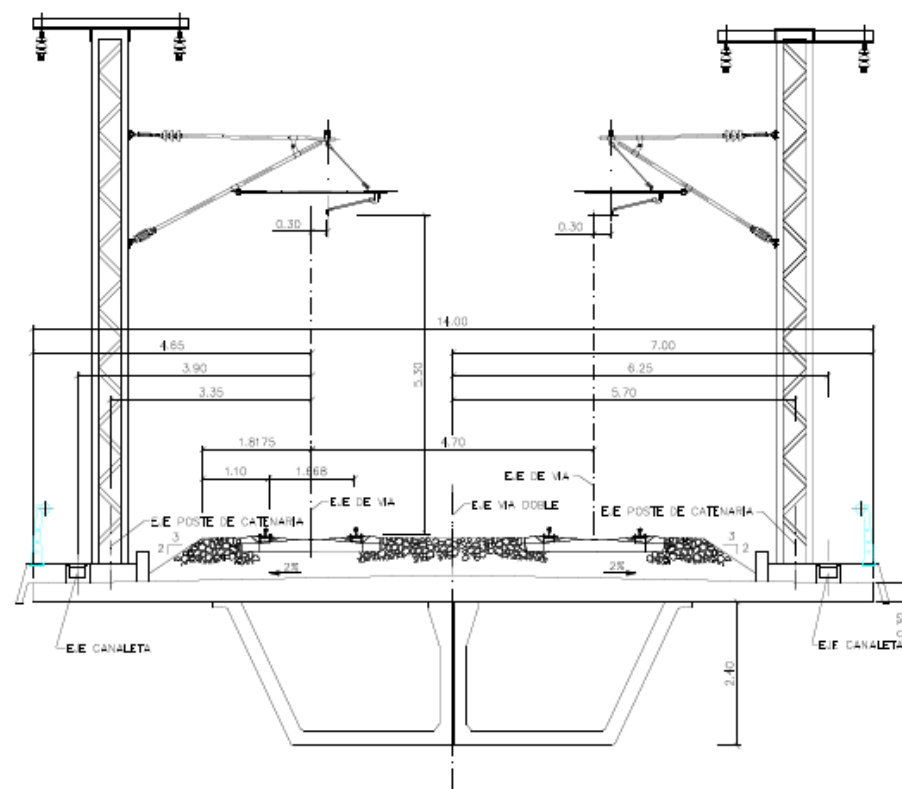
$$h = \frac{4000}{15} = 266.67 \text{ cm (Se ha considerado } h = 2.70 \text{ metros)}$$

- 5) Número de vigas: En función del ancho del tablero se ha procedido a disponer una o dos vigas artesas, tratando de evitar en todo caso que las longitudes de los voladizos resultantes sean excesivas. Así, en el caso de ancho de tablero 8.50 metros, se ha dispuesto una única viga artesa debajo de la vía de ferrocarril, mientras que para los tableros de 14 metros de ancho, la solución propuesta consiste en disponer dos vigas artesas cada una de ellas debajo de la correspondiente vía del ferrocarril. El objeto de disponer vigas artesas, consiste en dotar a la estructura de la suficiente rigidez, evitando una deformación excesiva, y mejorando el comportamiento de la estructura frente a sollicitaciones dinámicas.
- 6) Esviaje: Como norma general, las juntas entre tableros y estribos deben ser normales al eje del trazado. Ello puede obligar en algunos casos a diseñar el viaducto con el tablero dividido en dos independientes, con una separación longitudinal en el eje y estribos ortogonales en cada extremo.

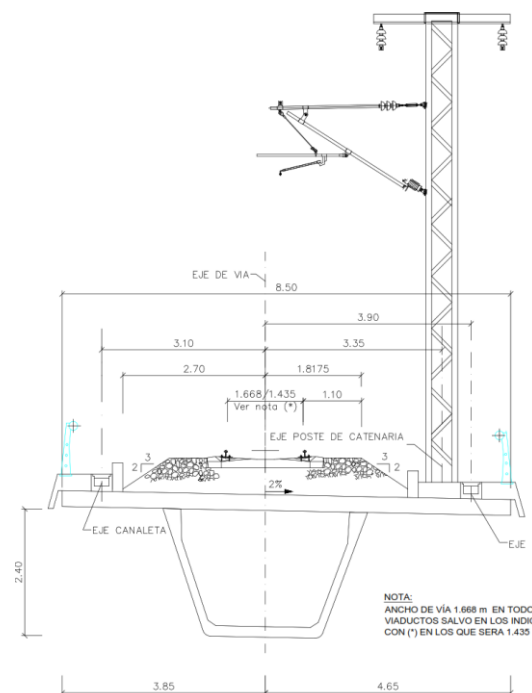
En casos específicos en los que sea preciso mantener el esviaje de los estribos (paso sobre una carretera esviada, p.e.) la solución a adoptar, debe discutirse previamente con la Dirección del proyecto.

- 7) Punto fijo: El tablero se ancla al estribo, bien mediante cables de pretensado, bien mediante barras tipo diwidag. El punto fijo longitudinal del tablero se materializará en cualquiera de los dos estribos. En fase de proyecto, y tras el ajuste y diseño geométrico de los estribos, se decidirá en cuál de los dos estribos se sitúa dicho punto fijo.
- 8) Cuña de transición: Con el fin de evitar asientos entre la estructura y el terraplén se dispone un bloque técnico formado por la transición de los siguientes materiales, tal y como se muestra en la figura al final del apartado.
- 9) Apoyos: Los aparatos de apoyo serán de tipo “pot” multidireccionales y unidireccionales, de diversos tamaños y espesores.
- 10) Impermeabilización del tablero: La cara superior del tablero lleva una capa de impermeabilización. Se ha dispuesto un bombeo de 2% en la plataforma correspondiente al ferrocarril y sumideros con rejilla a cada lado del tablero.
- 11) Defensas: Barandillas, altura 1 metro; Muretes de guarda de balasto, altura 0,5 metros.

Con todas estas características se adjuntan a continuación las secciones tipo desarrolladas.



SECCION TIPO VIA DOBLE
VIADUCTO CON VIGAS ARTESA CONTINUAS
1:50



SECCION TIPO VIA SIMPLE
VIADUCTO CON VIGA ARTESA CONTINUA
1:50

2.1.1.2. Tablero Tipo II. (Viga artesa isostática)

Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

- 1) Tipología: Puente con tablero isostático, formado por cajones de hormigón prefabricado tipo artesa pretensado, con losa superior de hormigón armado sobre prelosas.
- 2) Luces tipo: Se plantean luces isostáticas entre 30 y 40 metros.
- 3) Ancho del tablero: Se plantean dos opciones. Para el caso de coexistencia de dos vías sobre el tablero, la anchura del mismo es de 14 metros conforme a lo establecido en la IGP – 11. En el caso que exista una única vía sobre la estructura, el ancho del tablero será de 8.50 metros.
- 4) Canto de la losa: El canto mínimo de la losa superior de hormigón, es de 30 cm en el extremo del tablero, incrementándose dicho canto conforme nos acercamos al eje de la vía, con una pendiente del 2%.

El canto total (viga + losa superior) se obtiene según la relación $L/14$. Dado que la luz máxima es del orden de $L = 40$ metros, tenemos que:

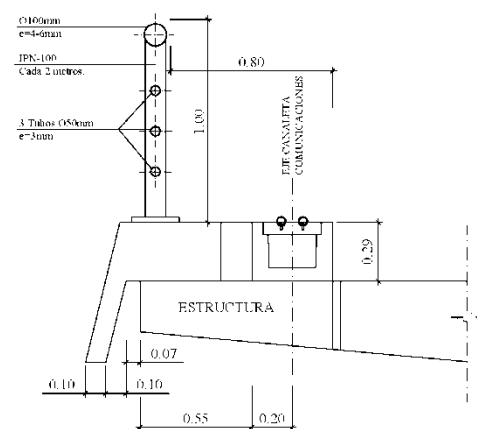
$$h = \frac{4000}{14} = 285.71 \text{ cm (Se ha considerado } h = 2.90 \text{ metros)}$$

Se ha recurrido a una esbeltez superior a la habitual ($L/12$ para vigas isostáticas) debido a que se han dispuesto dos vigas artesas en lugar de una en el caso de vía única, y tres vigas artesas en lugar de dos para el caso de vía doble.

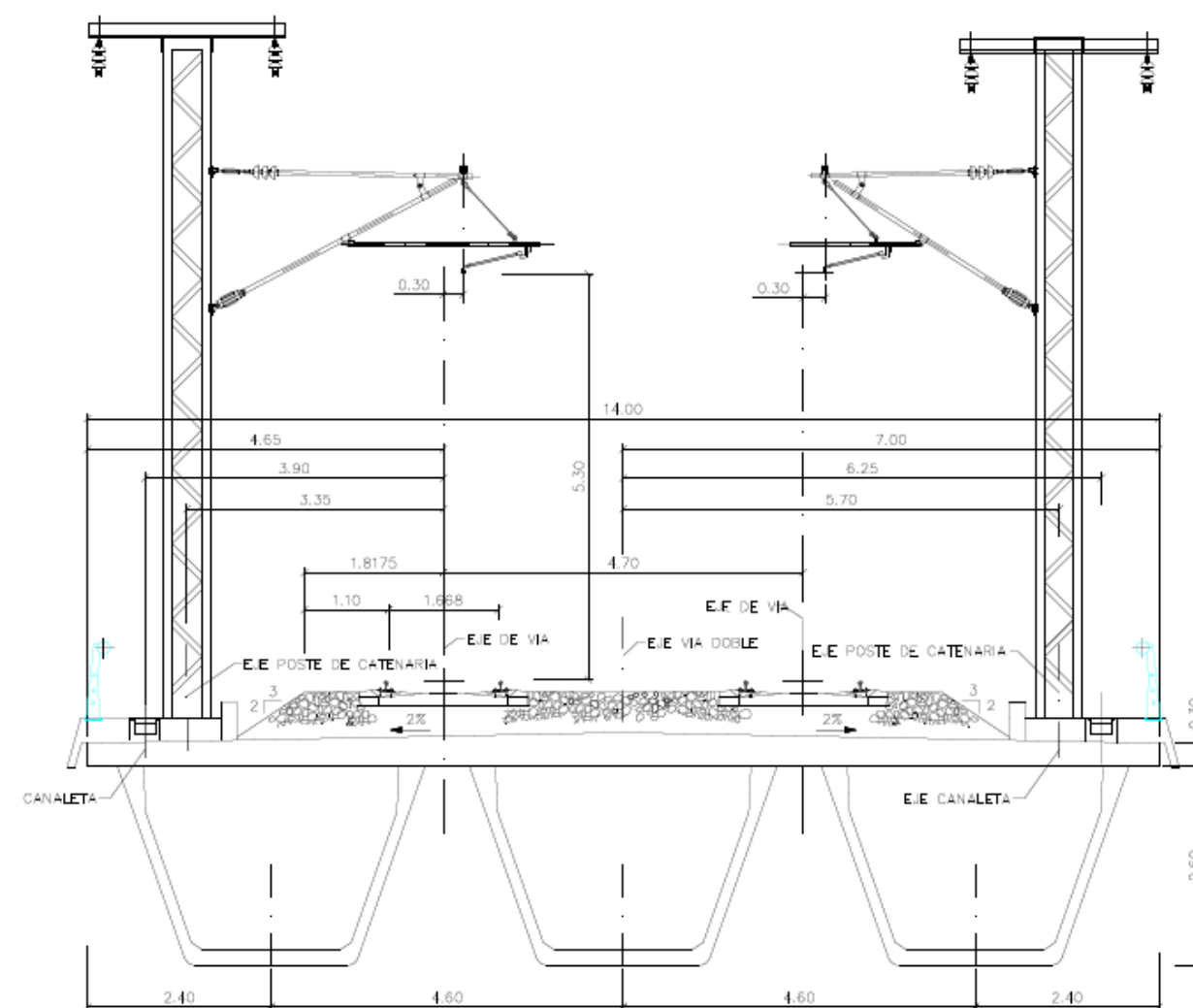
- 5) Número de vigas: En función del ancho del tablero se ha procedido a disponer dos o tres vigas artesas, tratando de evitar en todo caso que las longitudes de los voladizos resultantes sean excesivas. Así, en el caso de ancho de tablero 8.50 metros, se han dispuesto dos vigas artesas, mientras que para los tableros de 14 metros de ancho, la solución propuesta consiste en disponer tres vigas artesas. En este caso, en vez de disponer una viga artesa por vía, se ha decidido disponer un número mayor de vigas por vía, con objeto de dotar a la sección de una rigidez mayor (pudiendo así aumentar la esbeltez), y mejorar así, el comportamiento frente a esfuerzos dinámicos, los cuales son muy exigentes en el caso de estructuras isostáticas.
 - 6) Esviaje: Como norma general, las juntas entre tableros y estribos deben ser normales al eje del trazado. Ello puede obligar en algunos casos a diseñar el viaducto con el tablero dividido en dos independientes, con una separación longitudinal en el eje y estribos ortogonales en cada extremo.
- En casos específicos en los que sea preciso mantener el esviaje de los estribos (paso sobre una carretera esviada, p.e.) la solución a adoptar, debe discutirse previamente con la Dirección del proyecto.
- 7) Punto fijo: El tablero se ancla al estribo, bien mediante cables de pretensado, bien mediante barras tipo diwidag. El punto fijo longitudinal del tablero se materializará en cualquiera de los

dos estribos. En fase de proyecto, y tras el ajuste y diseño geométrico de los estribos, se decidirá en cuál de los dos estribos se sitúa dicho punto fijo.

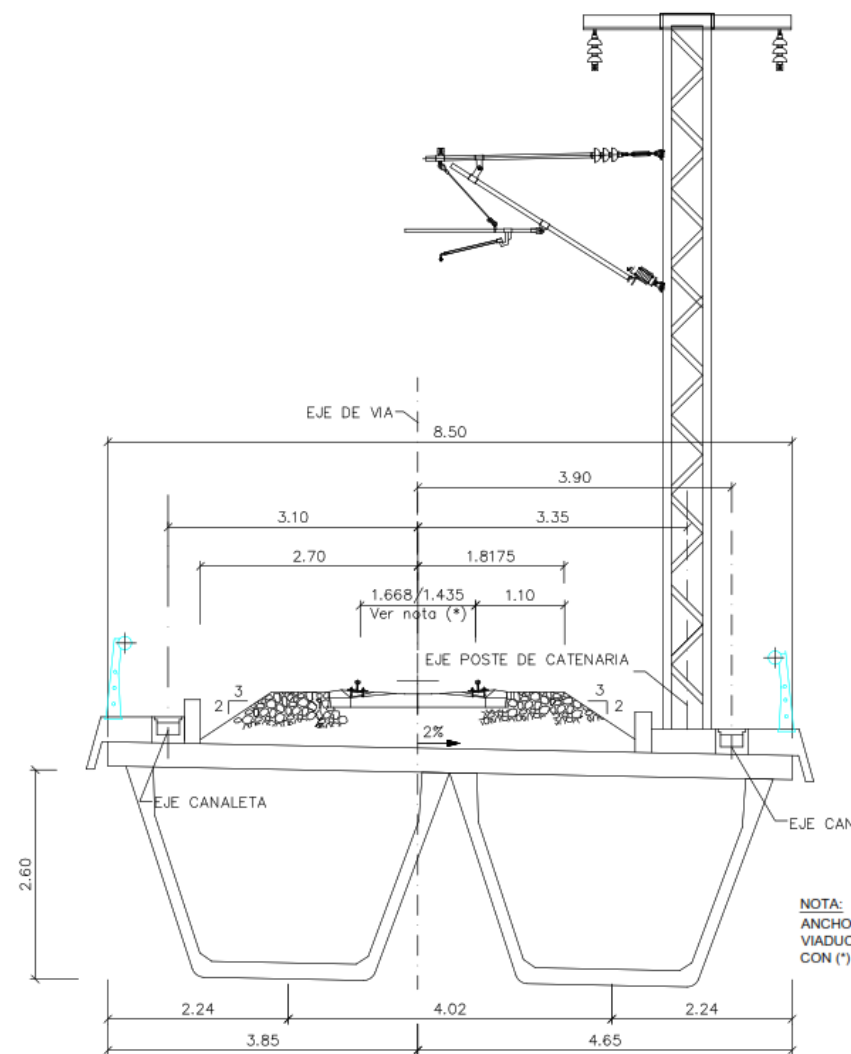
- 8) Cuña de transición: Con el fin de evitar asientos entre la estructura y el terraplén se dispone un bloque técnico formado por la transición de los siguientes materiales, tal y como se muestra en la figura al final del apartado.
- 9) Apoyos: Los aparatos de apoyo serán de tipo "pot" multideireccionales y unidireccionales, de diversos tamaños y espesores.
- 10) Impermeabilización del tablero: La cara superior del tablero lleva una capa de impermeabilización. Se ha dispuesto un bombeo de 2% en la plataforma correspondiente al ferrocarril y sumideros con rejilla a cada lado del tablero.
- 11) Defensas: Barandillas, altura 1 metro; Muretes de guarda de balasto, altura 0,5 metros. Ver figura adjunta:



Con todas estas características, se adjuntan a continuación las secciones tipo desarrolladas.



SECCIÓN TIPO VIA DOBLE
VIADUCTO CON VIGAS ARTESA ISOSTÁTICAS
1:50



SECCIÓN TIPO VIA SIMPLE
VIADUCTO CON VIGAS ARTESA ISOSTÁTICAS

2.1.1.3. Tablero Tipo III. (Cajón monocelular)

Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

- 1) Tipología: Puente con sección cajón, de hormigón pretensado in situ.
- 2) Luces tipo: Se plantean luces centrales de hasta 45 metros y vanos laterales extremos de compensación que cumplan con la relación $L_{extremo}=0.7 \cdot L_{central}$.
- 3) Ancho del tablero: Ya que hay una coexistencia de dos vías sobre el tablero, la anchura del mismo es de 14 metros conforme a lo establecido en la IGP – 11.
- 4) Canto del cajón: El canto del cajón se obtiene según la relación $L/15$. Dado que la luz máxima es del orden de $L = 45$ metros, tenemos que:

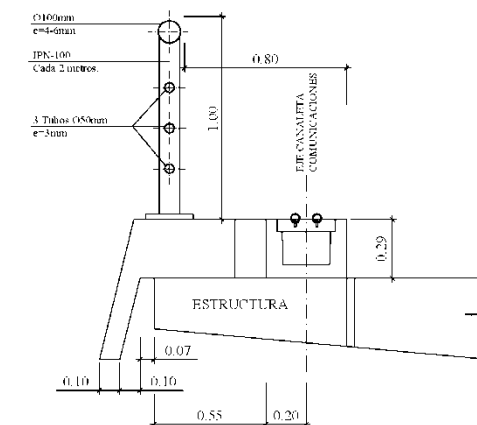
$$h = \frac{4500}{15} = 300 \text{ cm (Se ha considerado } h = 3.00 \text{ metros)}$$

- 5) Esviaje: Como norma general, las juntas entre tableros y estribos deben ser normales al eje

del trazado. Ello puede obligar en algunos casos a diseñar el viaducto con el tablero dividido en dos independientes, con una separación longitudinal en el eje y estribos ortogonales en cada extremo.

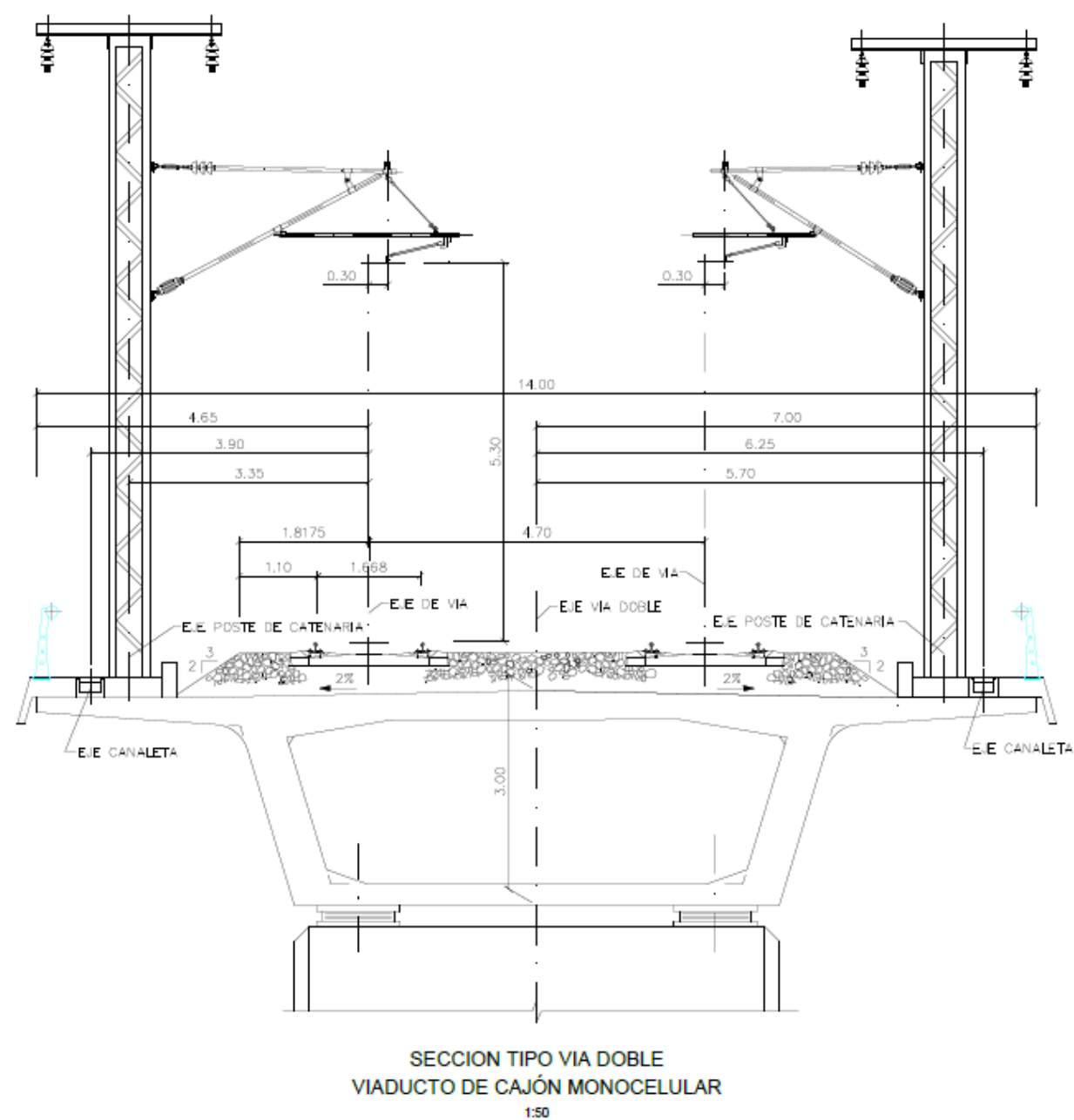
En casos específicos en los que sea preciso mantener el esviaje de los estribos (paso sobre una carretera esviada, p.e.) la solución a adoptar, debe discutirse previamente con la Dirección del proyecto.

- 6) Punto fijo: El tablero se ancla al estribo, bien mediante cables de pretensado, bien mediante barras tipo diwidag. El punto fijo longitudinal del tablero se materializará en cualquiera de los dos estribos. En fase de proyecto, y tras el ajuste y diseño geométrico de los estribos, se decidirá en cuál de los dos estribos se sitúa dicho punto fijo.
- 7) Cuña de transición: Con el fin de evitar asentamientos entre la estructura y el terraplén se dispone un bloque técnico formado por la transición de los siguientes materiales, tal y como se muestra en la figura al final del apartado.
- 8) Apoyos: Los aparatos de apoyo serán de tipo "pot" multideccionales y unidireccionales, de diversos tamaños y espesores.
- 9) Impermeabilización del tablero: La cara superior del tablero lleva una capa de impermeabilización. Se ha dispuesto un bombeo de 2% en la plataforma correspondiente al ferrocarril y sumideros con rejilla a cada lado del tablero.
- 10) Defensas: Barandillas, altura 1 metro; Muretes de guarda de balasto, altura 0,5 metros. Ver figura adjunta:



- 11) Proceso constructivo: El proceso constructivo a seguir, consistirá en la colocación del hormigón in situ, mediante:
 - a) Cimbra al terreno (porticada o no).
 - b) Autocimbra.
 - c) Empuje del tablero desde un estribo.

Con todas estas características, se adjunta a continuación la sección tipo desarrollada.



2.1.1.4. Relación de viaductos

Una vez descritas las diversas tipologías definidas, se procede a continuación a listar los diversos viaductos, indicando las principales características de los mismos:

TRAMO	ALTERNATIVA	ESTRUCTURA TIPO	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	LUCES (m)	ANCHO (m)	TIPOLOGIA	EXISTENTE	ACTUACIÓN
1	1.0	Viaducto	Viaducto sobre Río Alfambra	Río	2+985	3+015	30	1x30	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
	1.1	Viaducto	Viaducto sobre Río Alfambra	Río	2+450	2+480	30	1x30	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
	1.2	Viaducto	Viaducto sobre Río Alfambra	Río	2+985	3+015	30	1x30	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
2	2.0	Viaducto	Viaducto Arroyo de Concud y Ctra N-234	Carretera	2+740	2+770	30	1x30	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Barranco Moreno	Barranco	5+025	5+055	30	1x30	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Barranco Hondo	Barranco	5+660	5+675	15	1x15	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Arroyo de Concud	Arroyo	7+425	7+450	25	1x25	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Barranco de Caude	Barranco	8+115	8+140	25	1x25	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Rambla de Celades	Rambla	15+495	15+515	20	1x20	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Río Jiloca	Río	25+240	25+350	110	20-2x35-20	8.5	Viga artesa continua	Si	Ampliación
4	4.1	Viaducto	Viaducto Río Jiloca	Río	7+340	7+790	450	25-10x40-25	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Jiloca	Río	9+100	9+200	100	20-2x30-20	14	Viga artesa continua	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Jiloca	Río	13+355	14+160	805	22.5-19x40-22.5	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Pancrudo	Río	15+900	16+310	410	25-9X40-25	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Barranco Cuencabuena y A-23	Carretera	17+690	18+530	840	20-20x40-20	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
	4.2	Viaducto	Viaducto Río Jiloca	Río	9+230	9+305	75	3x25	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Jiloca	Río	12+990	13+800	810	25-9x40-25	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Pancrudo	Río	15+690	16+100	410	25-9X40-25	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Barranco Cuencabuena y A-23	Carretera	17+480	18+320	840	20-20x40-20	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
	4.3	Viaducto	Viaducto Río Jiloca	Río	7+340	7+790	450	25-10x40-25	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Pancrudo	Río	15+240	16+270	1,030	35-24X40-35	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Barranco Cuencabuena y A-23	Carretera	17+970	19+520	1,550	35-37x40-35	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
5	5.1	Viaducto	Viaducto	Barranco	6+610	7+070	460	30-10x40-30	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
	5.2	Viaducto	Viaducto	Barranco	6+610	7+070	460	30-10x40-30	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
6	6.0	Viaducto	Viaducto Río Huerva	Río	6+940	7+000	60	15-30-15	8.5	Viga artesa continua	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Río Lanzuela	Río	11+735	11+805	70	20-30-20	8.5	Viga artesa continua	Si	Ampliación
7	7.1	Viaducto	Viaducto Río Huerva	Río	7+410	7+490	80	40-40	8.5	Viga artesa continua	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Río Huerva	Río	8+980	9+000	20	1x20	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Río Frasno	Río	19+800	20+140	340	30-7x40-30	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Frasno Ctr. N-330	Carretera	25+175	25+320	145	27.5-2x40-27.5	14	Viga artesa continua	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Barranco de enmedio	Barranco	26+185	26+205	20	1x20	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto A-23	A-23	26+550	26+610	60	2x30	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Arroyo Valdemorado	Arroyo	27+140	27+160	20	1x20	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
	7.2	Viaducto	Viaducto Río Huerva	Río	7+410	7+490	80	2x40	8.5	Viga artesa continua	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Río Huerva	Río	8+980	9+000	20	1x20	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto Río Frasno	Río	19+800	20+140	340	30-7x40-30	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto de las Cuatro Esquinas	Barranco	25+270	25+280	10	1x10	14	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Río Frasno	Río	30+175	30+255	80	2x40	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto A-23	A-23	31+485	31+625	140	30-2x40-30	14	Viga artesa Continua	No	Nueva construcción

TRAMO	ALTERNATIVA	ESTRUCTURA TIPO	DENOMINACION	VIAL AFEC-TADO	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	LUCES (m)	ANCHO (m)	TIPOLOGIA	EXISTENTE	ACTUACIÓN
		Viaducto	Viaducto Barranco de la Val	Barranco	31+795	31+855	60	2x30	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
8	8.1	Viaducto	Viaducto Barranco de Torrubia	Barranco	17+020	17+220	200	25-4x37.5-25	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
9	9.0	Viaducto	Viaducto Barranco Salado	Barranco	13+425	13+515	90	15-2x30-15	8.5	Viga artesa continua	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto sobre A-23	A-23	15+075	15+090	15	1x15	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
	9.1	Viaducto	Viaducto Barranco Salado	Barranco	13+400	13+490	90	15-2x30-15	8.5	Viga artesa continua	Si	Ampliación
		Viaducto	Viaducto sobre A-23	A-23	15+050	15+065	15	1x15	8.5	Viga artesa isostática	Si	Ampliación
	9.2	Viaducto	Viaducto Barranco Salado	Barranco	13+415	13+505	90	15-2x30-15	14	Cajón monocelular	No	Nueva construcción
11	11.1	Viaducto	Viaducto A-120	Carretera	11+390	11+450	60	2x30	8.5	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Alta velocidad Madrid-Barcelona	Ferrocarril	12+090	12+300	210	25-4x40-25	8.5	Viga artesa continua	No	Nueva construcción
		Viaducto	Viaducto Canal Imperial de Aragón	Canal	13+935	13+980	45	1x45	8.5	Viga artesa isostática	No	Nueva construcción

2.1.1.5. *Cuñas de transición en viaductos*

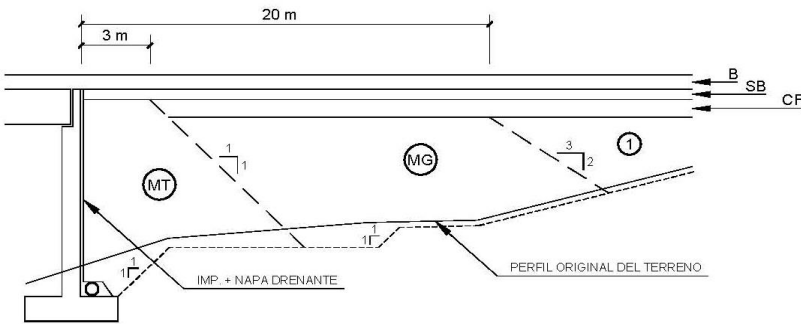
TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO I (NORMAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON ANTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

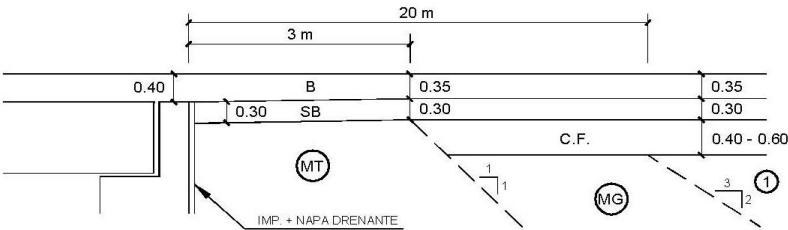
ESTRUCTURAS A RASANTE (BALASTO + VÍAS)
(VIADUCTOS, PUENTES, PASOS INFERIORES)

NOTA:
SIEMPRE QUE SE PRESENTE ESTE CASO, EL PROYECTISTA DEBERÁ PROCURAR QUE SOBRE EL TABLERO ENTRE SOLAMENTE EL BALASTO EN ESPESOR MÍNIMO DE 0.40 m. Y MÁXIMO DE 0.50 m.

ESTRIBOS



DETALLE



MATERIALES:
LAS LÍNEAS DE TRAZOS NO INDICAN UN TALUD REAL A EJECUTAR, SI NO QUE DEFINEN, A LA ALTURA DE CADA TONGADA DEL RELLENO GENERAL EL LÍMITE APROXIMADO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAL: **1** (MATERIAL PARA NÚCLEO Y CORONACIÓN), **MG** (MATERIAL GRANULAR) Y **MT** (MG MEZCLADO CON CEMENTO).

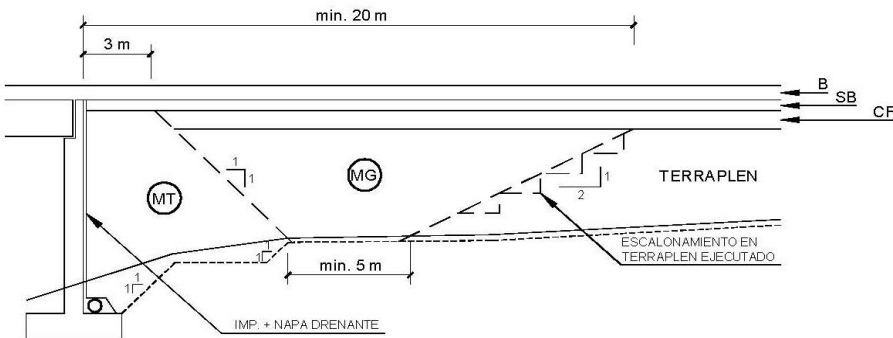
TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO II (EXCEPCIONAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON POSTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

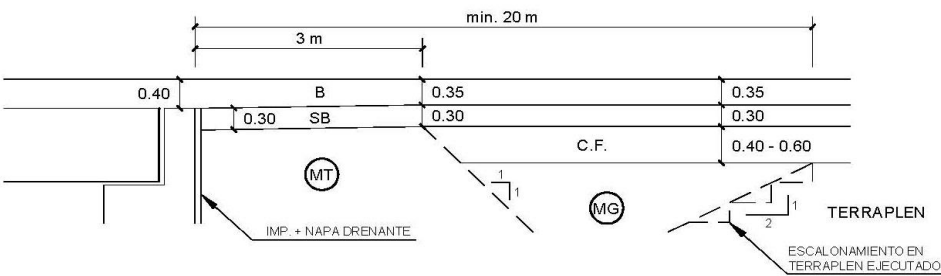
ESTRUCTURAS A RASANTE (BALASTO + VÍAS)
(VIADUCTOS, PUENTES, PASOS INFERIORES)

NOTA:
SIEMPRE QUE SE PRESENTE ESTE CASO, EL PROYECTISTA DEBERÁ PROCURAR QUE SOBRE EL TABLERO ENTRE SOLAMENTE EL BALASTO EN ESPESOR MÍNIMO DE 0.40 m. Y MÁXIMO DE 0.50 m.

ESTRIBOS



DETALLE



MATERIALES:
LAS LÍNEAS DE TRAZOS NO INDICAN UN TALUD REAL A EJECUTAR, SI NO QUE DEFINEN, A LA ALTURA DE CADA TONGADA DEL RELLENO GENERAL EL LÍMITE APROXIMADO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAL: **1** (MATERIAL PARA NÚCLEO Y CORONACIÓN), **MG** (MATERIAL GRANULAR) Y **MT** (MG MEZCLADO CON CEMENTO).

2.1.2. Pérgolas

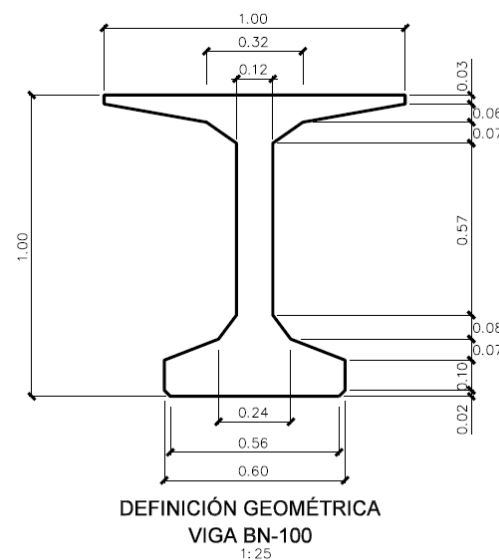
Se incluyen en este grupo las estructuras que salvan carreteras o líneas de ferrocarril, con un esviaje tan fuerte, que derivaría en unas luces extremadamente grandes, procediendo a encarecer considerablemente la estructura.

De esta forma el cruce se resuelve mediante una sucesión de elementos prefabricados isostáticos que cruzan la vía atravesada de manera ortogonal, con luces pequeñas y con cantos moderados. Sobre dichos elementos prefabricados reposa la losa superior que materializa la plataforma del tablero con forma rómbica, mientras que éstos reposan sobre los estribos en la zona en la que están cubiertas por losa superior, o sucesiones de pilas en las zonas sin losa.

Conforme a lo establecido por las autoridades ferroviarias, el gálibo vertical mínimo que se debe respetar para el cruce de líneas convencionales, es de 10.40 metros.

En cuanto al gálibo horizontal se ha mantenido una distancia libre entre paramentos de 16.00 metros. Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

- 1) Tipología: vigas prefabricadas tipo BN-100. (Ver figura adjunta)



Sección tipo viga BN-100.

- 2) Luces: se ha considerado una luz de cálculo de 16.80 metros, correspondiente a respetar los 16.00 metros y 0.40 metros de entrega en cada uno de los dos estribos.
- 3) Canto del elemento prefabricado: El canto del cajón se obtiene según la relación $L/17$. Dado que la luz de cálculo es $L = 16.80$ metros, tenemos un canto de 1 metro.
- 4) Los apoyos se realizan mediante dos apoyos sobre estribos y sobre una pila en martillo. Los elementos de apoyo son del tipo "pot" deslizantes multidireccionales y unidireccionales.
- 5) Con el fin de evitar asientos entre la estructura y el terraplén se dispone un bloque técnico formado por la transición de los siguientes materiales:

- a) Núcleo de relleno.
- b) Material válido para núcleo y coronación.
- c) Material tratado con cemento.

- 6) Esviaje: en el caso que nos ocupa, en el cual el esviaje es un tema de principal importancia, se destaca que en la IGP, se establece lo siguiente:

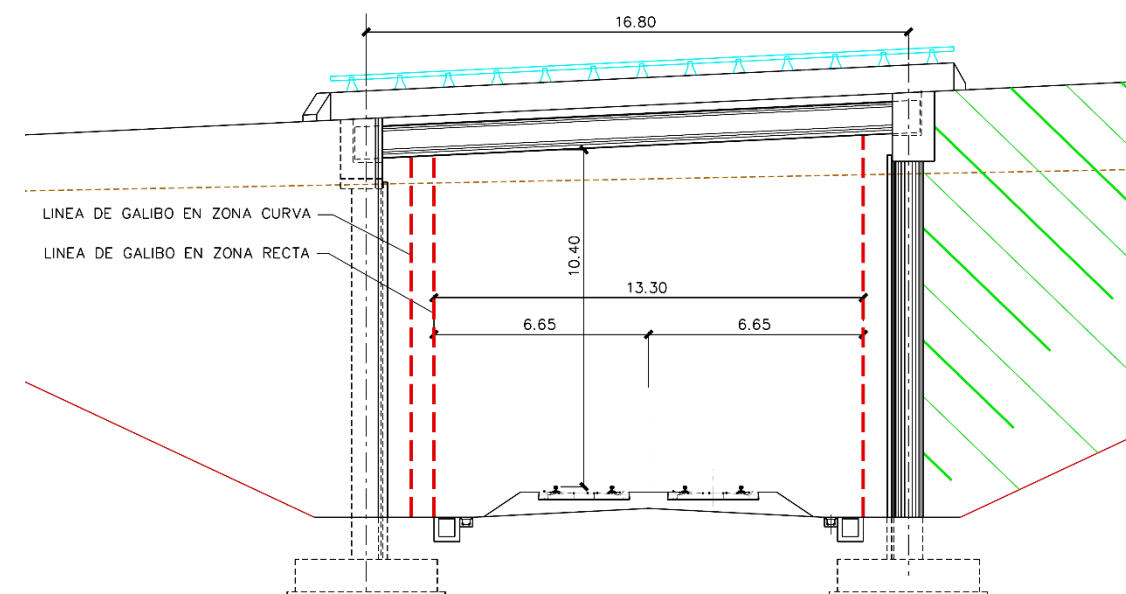
“Como norma general, las juntas entre tableros y estribos deben ser normales al eje del trazado. Ello puede obligar en algunos casos a diseñar el viaducto con el tablero dividido en dos independientes, con una separación longitudinal en el eje y estribos ortogonales en cada extremo.”

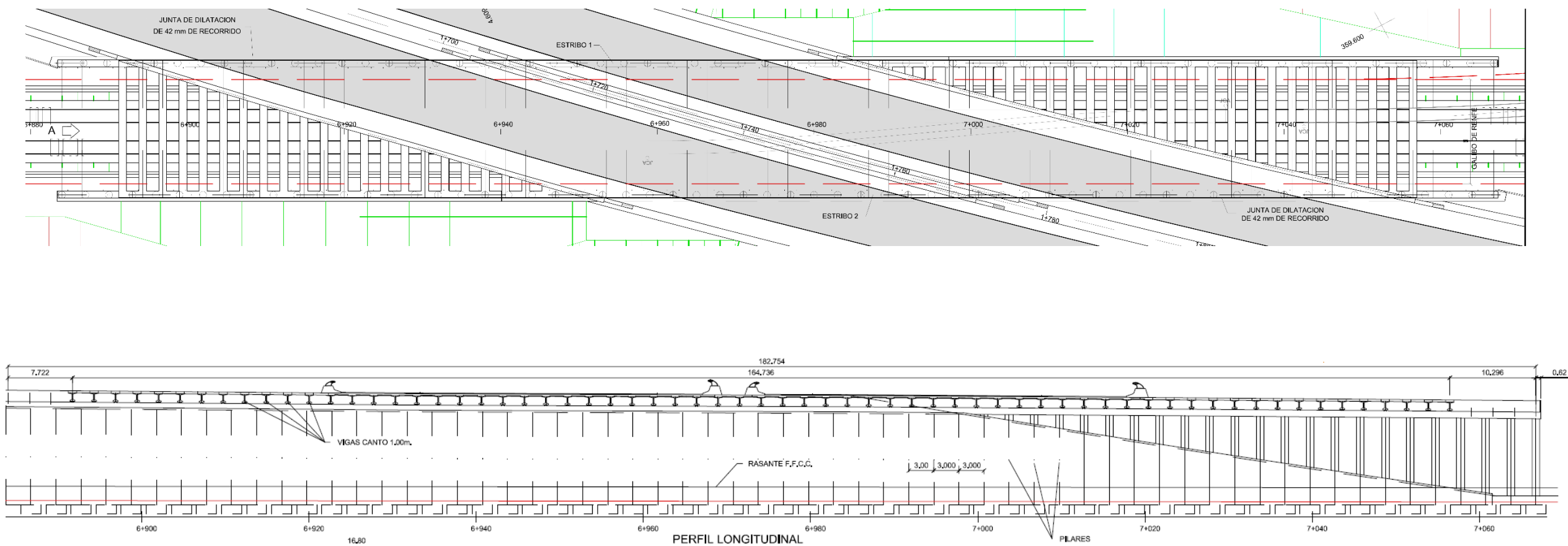
En casos específicos en los que sea preciso mantener el esviaje de los estribos (paso sobre una carretera esviada, p.e.) la solución a adoptar, debe discutirse previamente con la Dirección del proyecto.”

Adicionalmente para evitar un ángulo no ortogonal de la junta entre estructura y cuña de transición, con el eje de las vías, y evitar de esta forma que un vehículo ferroviario pueda tener una rueda sobre estructura y la otra sobre cuña de transición, se disponen unas losas triangulares en la prolongación del trasdós de la estructura, apoyadas sobre muros verticales y relleno en el interior de cada una de las celdas.

Cada una de las losas triangulares tiene un lado en la dirección del estribo de la pérgola, mientras que los otros dos extremos se encuentran uno en la dirección del eje de la vía y el otro perpendicular al mismo. Es en este último paramento, el perpendicular al eje de la vía, en el que se encuentra la junta entre estructura y cuña de transición.

Con todas estas características se adjunta a continuación la sección tipo desarrollada.





2.1.2.1. Relación de pérgolas

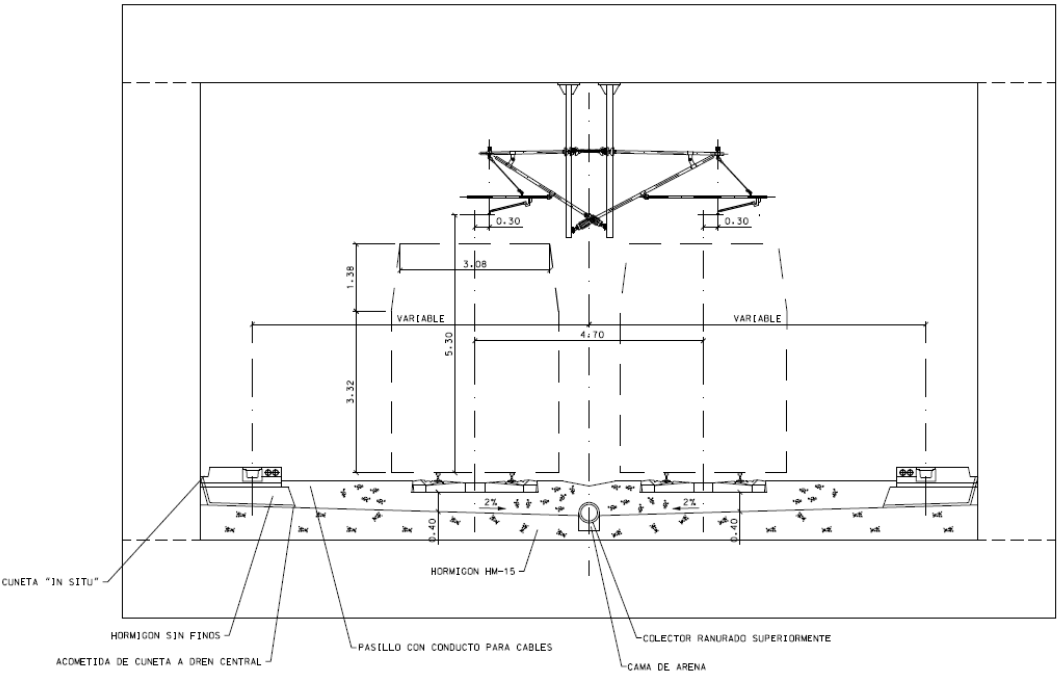
Una vez descrita la tipología dispuesta, se procede a continuación a indicar las principales características:

TRAMO	ALTERNATIVA	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	EXISTENTE	ACTUACIÓN
2	2.0	Pérgola Ctra. N-234	Carretera	10+535	10+680	145	Si	Reposición
4	4.3	Estructura enlace A-23	Enlace A-23	12+620	12+760	140	Si	Reposición
		Estructura bajo A-23	A-23	14+115	14+380	265	No	Nueva construcción
5	5.1	Estructura bajo A-23	A-23	7+400	7+590	190	No	Nueva construcción
	5.2	Estructura bajo A-23	A-23	7+400	7+590	190	No	Nueva construcción
7	7.1	Estructura bajo A-23	A-23	7+060	7+170	110	Si	Ninguna
	7.2	Estructura bajo A-23	A-23	7+060	7+170	110	Si	Ninguna
9	9.0	Pérgola cruce A-23	Carretera	15+350	15+510	160	Si	Reposición
	9.1	Pérgola cruce A-23	Carretera	15+325	15+485	160	Si	Reposición
	9.2	Pérgola cruce A-23	A-23	14+805	14+940	135	No	Nueva construcción

2.1.3. Cajones empujados

La tipología de cajones empujados es una tipología que se adopta cuando el obstáculo a salvar es un ferrocarril existente que discurre por encima de nuestra traza.

La solución en estos casos consiste en la construcción de un marco de hormigón armado de 16 metros de gálibo horizontal interior, que se construye fuera de la zona de influencia del ferrocarril existente. Una vez construido, se procede a apear las vías del ferrocarril existentes, a mover los postes de catenaria que pudiesen ser afectados durante el empuje, para a continuación, proceder al empuje de la estructura construida mediante gatos hidráulicos, hasta situar a la citada estructura en su posición definitiva. Durante el proceso de empuje se adoptarán las precauciones de vía necesarias.



Relación de cajones empujados

Una vez descrita la tipología dispuesta, se procede a continuación a indicar las principales características:

TRAMO	ALTERNATIVA	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	EXISTENTE	ACTUACIÓN
10	10.1	Cajón empujado bajo L.A.V. y línea de ferrocarril convencional	Ferrocarril	12+205	12+290	85	No	Nueva construcción

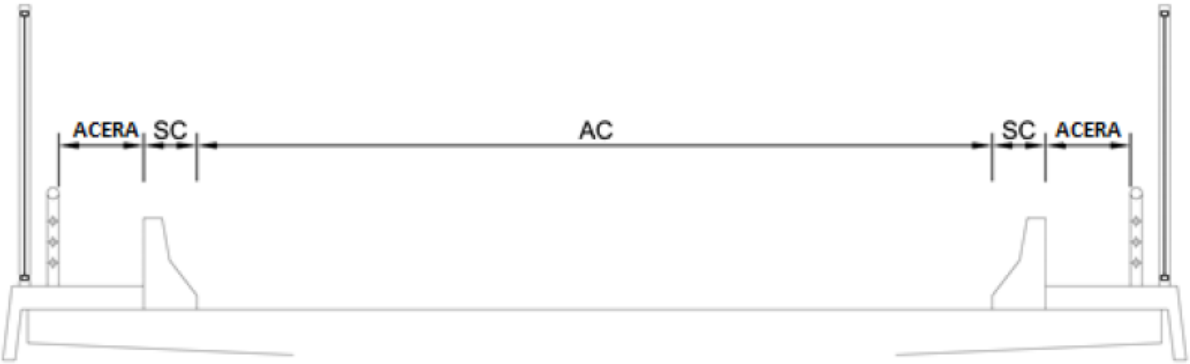
2.1.4. Pasos superiores

2.1.4.1. Pasos superiores de carretera

La norma NAP 2-0-0.4 “Pasos Superiores”, establece los siguientes condicionantes geométricos, en lo que se refiere a Pasos superiores de carretera:

“Para los pasos de carreteras se considerará el ancho de la calzada AC en 8m.

El ancho libre de la acera será de 0.8m como mínimo.”



En cuanto al gálibo horizontal la norma NAP establece:

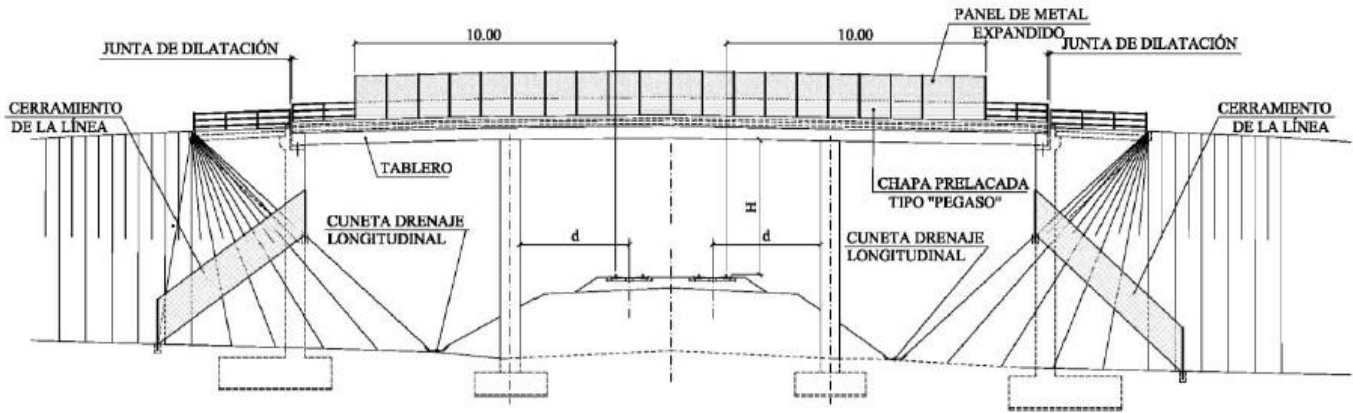
“Como norma general la distancia horizontal mínima entre el eje de la vía más cercana y los paramentos de las pilas u otros soportes de los tableros, será tal que según el artículo 2.4.2.2.2 de la IAPF, no precise el cálculo a impacto.

Estas distancias serán según el ancho de la vía:”

Ancho de vía	d
1,435 m	>5,0 m
1,668 m	>5,3 m
1,000 m	>4,4 m

En cuanto al gálibo vertical la norma NAP establece:

“Por lo que respecta al gálibo vertical entre cota superior de carril y parte inferior de la estructura no deberá ser inferior a 7,00m para velocidades de circulación iguales o superiores a 160 km/h, o a 6,5 m para velocidades inferiores.”



En lo que a tipología se refiere, la NAP establece:

“El tablero deberá estar constituido por una losa maciza o aligerada de hormigón armado in situ con voladizos laterales (siguiente figura) y las pilas se empotraran en ella, a fin de disminuir el número de aparatos de apoyo y favorecer la conservación.

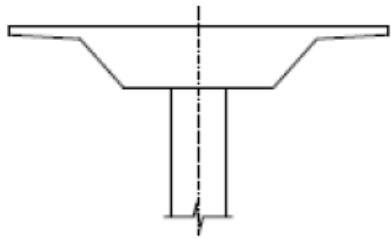


Figura 5. Esquema de pila empotrada.

En determinados casos, en los que debido a la necesidad de respetar el tráfico inferior durante la construcción o por otras razones justificadas, se podrá emplear soluciones prefabricadas, isostáticas o hiperestáticas.”

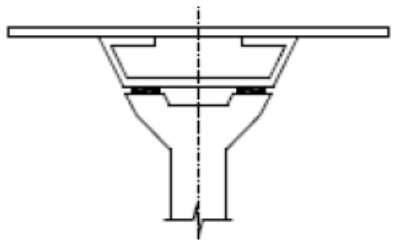


Figura 6. Esquema de pila no empotrada.

Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

- 1) Sección tipo: Losa aligerada de sección constante. Al ser la luz y por lo tanto el canto reducidos no es necesario aligerar el núcleo, aligerando la sección ejecutando voladizos laterales.
- 2) Canto de la losa: Se puede obtener según $L/17$ (Se ha dimensionado según valores habituales). Dado que la luz máxima (obtenida para el gálibo horizontal de 15.50 metros y fuste de 1.10 m) es de 16.60 metros:

$$h = 16.60/17 = 97,64 \text{ cm (Se ha considerado } h=1.00\text{m)}$$

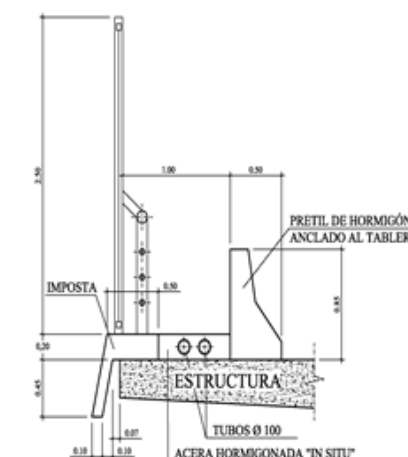
- 3) Geometría del voladizo de la losa: El espesor mínimo de la losa de hormigón en el voladizo es de 15 centímetros en el extremo del voladizo, y 35 cm en la unión con el cuerpo de la losa.
- 4) Aligeramiento. No se considera necesario aligerar la sección.
- 5) Longitudes de los vanos: se ha considerado, en general, 3 vanos, uno central de 16.60 metros, y dos vanos laterales de compensación de 11 metros cada uno. De esta forma se tiene una relación (L vano lateral / L vano central) = 0.65, con lo que es más que previsible que no existan problemas de levantamiento en los apoyos de los estribos. Además se atenderá a, los requisitos establecidos en la NAP en lo que se refiere a los gálibos horizontales.

Cuando el cruce de la reposición no sea ortogonal al eje del tablero, las longitudes de los vanos se ajustarán al mantenimiento de los gálibos (para el vano central), y al criterio de compensación de los vanos (para el vano lateral).

Cuando sea necesario salvar algún obstáculo adicional a la plataforma ferroviaria proyectada, o la longitud del paso (por estar en una trinchera) sea muy grande, se preverán pasos de más de tres vanos.

- 6) Ancho del tablero: se ha supuesto un ancho de plataforma de 9.00 metros (dos carriles de 3.50 metros y dos arcones de 1.00 metros cada uno, a cada lado de la calzada). Por otro lado se han dispuesto dos barreras de perfil New Jersey, con un ancho de 0.50 metros cada una, para finalmente disponer a ambos extremos del tablero dos aceras de 1.20 metros que permiten alojar tanto la barrera, como la barrera anti vandálica. Todo esto supone disponer un ancho de tablero de 12.00 metros, como se puede ver en la figura que se muestra a continuación.

Además con esta disposición se cumple lo exigido por la IGP, en lo que se refiere al ancho mínimo para alojar las piezas de borde, como se puede apreciar en la figura adjunta:



- 7) Los apoyos centrales se realizarán mediante pilas circulares empotradas al tablero y los apoyos extremos están formados por apoyos de neopreno zunchado sobre estribos de hormigón armado.
- 8) Juntas: Se colocarán juntas de dilatación en los estribos.
- 9) Cuñas de transición: Con el fin de evitar asientos entre la estructura y el terraplén se dispone un bloque técnico formado por la transición de los siguientes materiales, tal y como se muestra en la figura que se adjunta al final del apartado de los pasos superiores.

2.1.4.2. Relación de pasos superiores de carretera

Una vez descritas las diversas tipologías dispuestas, se procede a continuación a listar los diversos Pasos Superiores, indicando la tipología de cada uno, así como sus principales características:

TRAMO	ALTERNATIVA	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	EXISTENTE	ACTUACIÓN
1	1.0	Paso superior, puente Río Turia. Ctr. N-234	Carretera	1+270	Si	Ninguna
		Paso superior Ctr N-420	Carretera	4+315	Si	Reposición
		Paso superior TE-V-1001	Carretera	5+025	Si	Reposición
	1.1	Paso superior, puente Río Turia. Ctr. N-234	Carretera	1+270	Si	Ninguna
		Paso superior Av. Zaragoza	Carretera	2+315	No	Nueva construcción
		Paso superior N-420	Carretera	3+810	No	Nueva construcción
	1.2	Paso superior, puente Río Turia. Ctr. N-234	Carretera	1+270	Si	Ninguna
		Paso superior Ctr N-420	Carretera	4+195	No	Nueva construcción
		Paso superior TE-V-1001	Carretera	4+920	Si	Reposición
2	2.0	Paso superior carretera existente	Carretera	6+755	Si	Reposición
		Paso superior Ctra N-234 a Caude	Carretera	8+225	Si	Reposición
		Paso superior Carretera	Carretera	9+610	Si	Reposición
		Paso superior Ctra N-234 a Cella	Carretera	14+260	Si	Reposición
		Paso superior Ctra A-2515	Carretera	15+070	Si	Ninguna
		Paso superior Ctra N-234	Carretera	16+065	Si	Reposición
		Paso superior Camino del Garcés	Carretera	16+865	Si	Reposición
		Paso superior Paso de la Orden del Calorzo	Carretera	19+550	Si	Reposición
		Paso superior Camino de Carraconcedo	Carretera	20+875	Si	Ninguna
		Paso superior Carretera a villarquemado	Carretera	21+995	Si	Reposición
		Paso superior del Paso de la Vega	Carretera	23+920	Si	Reposición
		Paso superior camino del cabezuelo	Carretera	27+050	Si	Reposición
		Paso superior Carretera A-1511	Carretera	28+325	Si	Reposición
		Paso superior carretera a Alba	Carretera	33+455	Si	Ninguna
		Paso superior camino del Cañizar	Carretera	35+730	Si	Ninguna
		Paso superior camino de la Fonseca	Carretera	38+075	Si	Ninguna
		Paso superior Ctra. TE-V-9024	Carretera	41+970	Si	Reposición
		Paso superior Ctra N-211 Monreal del Campo	Carretera	53+625	Si	Reposición
3	3.0	Paso superior Torrijo del Campo	Carretera	7+990	Si	Reposición
		Paso superior TE-V-4301	Carretera	9+990	Si	Reposición
	3.1	Paso superior carretera Monreal del campo	Carretera	3+550	Si	Reposición
		Paso superior carretera	Carretera	6+920	No	Nueva construcción
		Paso superior TE-V-4301	Carretera	9+865	Si	Reposición
4	4.1	Paso superior Calamocha A-1507	Carretera	12+045	No	Nueva construcción
	4.2	Paso superior carretera TE-V-4302	Carretera	7+195	No	Nueva construcción
		Paso superior Ctra N-234	Carretera	13+950	No	Nueva construcción
	4.3	Paso superior carretera	Carretera	11+710	Si	Reposición
		Paso superior carretera	Carretera	13+285	No	Nueva construcción

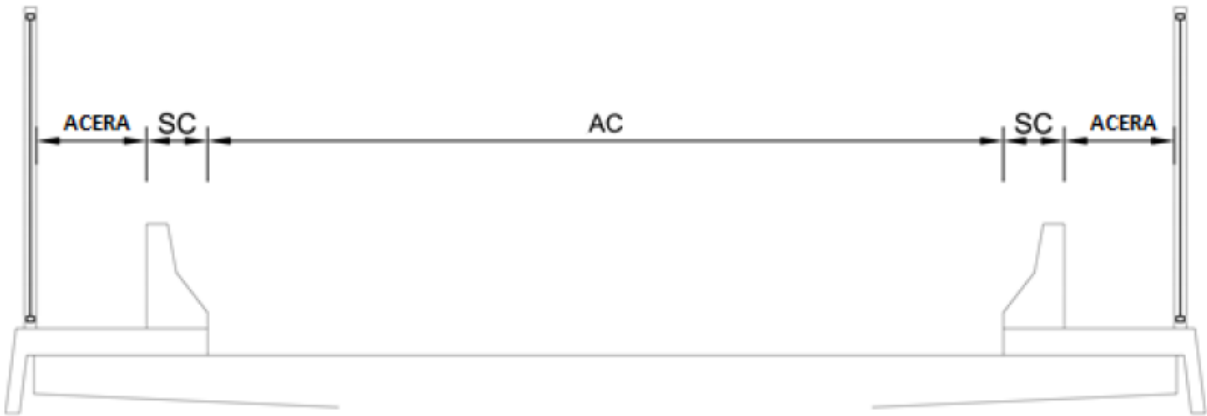
TRAMO	ALTERNATIVA	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	EXISTENTE	ACTUACIÓN
		Paso superior carretera Navarrete del Río	Carretera	14+700	No	Nueva construcción
5	5.1	Paso superior Ctra TE-19	Carretera	11+670	No	Nueva construcción
		Paso superior Ctra TE-19	Carretera	14+650	No	Nueva construcción
		Paso superior Ctra A-2510	Carretera	15+585	No	Nueva construcción
		Paso superior Ctra TE-19	Carretera	11+680	No	Nueva construcción
	5.2	Paso superior Ctra A-2511	Carretera	15+550	Si	Reposición
		Paso superior Ctra A-2510	Carretera	16+340	Si	Reposición
6	6.0	Paso superior carretera	Carretera	8+505	Si	Reposición
		Paso superior carretera Badules	Carretera	12+505	Si	Reposición
		Paso superior Ctra A-2509	Carretera	16+210	Si	Ninguna
		Paso superior carretera	Carretera	17+115	Si	Reposición
7	7.1	Paso superior Ctr. A-2509	Carretera	8+305	Si	Ninguna
		Paso superior Ctr. N-330	Carretera	9+165	No	Nueva construcción
		Paso superior Carretera CV-669	Carretera	20+580	No	Nueva construcción
	7.2	Paso superior Ctr. A-2509	Carretera	8+305	Si	Ninguna
		Paso superior Ctr. N-330	Carretera	9+165	No	Nueva construcción
		Paso superior Carretera CV-669	Carretera	20+580	No	Nueva construcción
		Paso superior Camino de los Cañares	Carretera	25+340	Si	Reposición
		Paso superior Camino de Carracosuenda	Carretera	26+145	Si	Reposición
		Paso superior Ctra. A-1504	Carretera	26+595	No	Nueva construcción
		Paso superior Ctra. A-220	Carretera	27+870	No	Nueva construcción
8	8.0	Paso superior Ctra. N-330	Carretera	21+305	Si	Reposición
		Paso superior Ramal N-330	Carretera	23+080	Si	Reposición
		Paso superior carretera a Botorrita	Carretera	28+635	Si	Reposición
	8.1	Paso superior Ctra. N-330	Carretera	21+205	Si	Reposición
		Paso superior Ramal N-330	Carretera	22+980	Si	Reposición
		Paso superior camino	Carretera	26+640	Si	Reposición
		Paso superior carretera a Botorrita	Carretera	28+535	Si	Reposición
9	9.0	Paso superior carretera	Carretera	10+420	Si	Reposición
		Paso superior Ctra. N-330	Carretera	12+070	Si	Reposición
		Paso superior carretera	Carretera	16+020	Si	Reposición
	9.1	Paso superior carretera	Carretera	10+435	Si	Reposición
		Paso superior Ctra. N-330	Carretera	12+030	Si	Reposición
		Paso superior carretera	Carretera	15+995	Si	Reposición
	9.2	Paso superior carretera	Carretera	10+435	Si	Reposición
		Paso superior Ctra. N-330	Carretera	12+030	Si	Reposición
		Paso superior carretera	Carretera	16+030	No	Nueva construcción
11	11.1	Paso superior carretera	Carretera	14+805	Si	Ninguna

2.1.4.3. Pasos superiores de camino

La norma NAP 2-0-0.4 “Pasos Superiores”, establece los siguientes condicionantes geométricos, en lo que se refiere a Pasos superiores de caminos:

“Para los pasos de caminos el ancho de la calzada (AC) será de 6m con carácter general.

Será necesario disponer de un espacio protegido del tráfico rodado para el tráfico peatonal.”



En cuanto al gálibo horizontal la norma NAP establece:

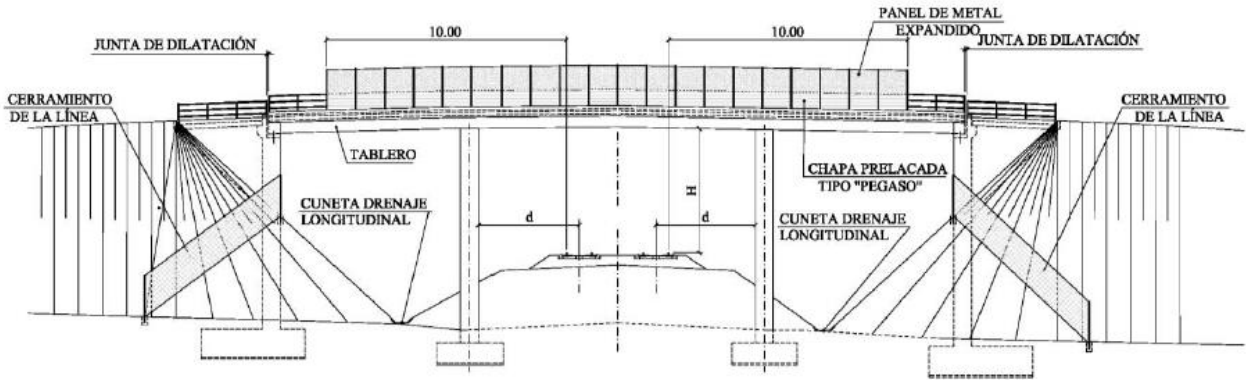
“Como norma general la distancia horizontal mínima entre el eje de la vía más cercana y los paramentos de las pilas u otros soportes de los tableros, será tal que según el artículo 2.4.2.2.2 de la IAPF, no precise el cálculo a impacto.

Estas distancias serán según el ancho de la vía:”

Ancho de vía	d
1,435 m	>5,0 m
1,668 m	>5,3 m
1,000 m	>4,4 m

En cuanto al gálibo vertical la norma NAP establece:

“Por lo que respecta al gálibo vertical entre cota superior de carril y parte inferior de la estructura no deberá ser inferior a 7,00m para velocidades de circulación iguales o superiores a 160 km/h, o a 6,5 m para velocidades inferiores.”



En lo que a tipología se refiere, la NAP establece:

“El tablero deberá estar constituido por una losa maciza o aligerada de hormigón armado in situ con voladizos laterales (siguiente figura) y las pilas se empotraran en ella, a fin de disminuir el número de aparatos de apoyo y favorecer la conservación.

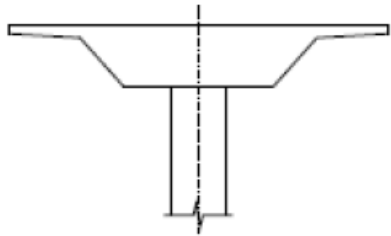


Figura 5. Esquema de pila empotrada.

En determinados casos, en los que debido a la necesidad de respetar el tráfico inferior durante la construcción o por otras razones justificadas, se podrá emplear soluciones prefabricadas, isostáticas o hiperestáticas.”

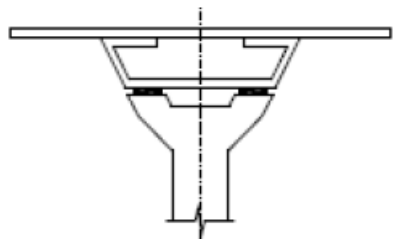


Figura 6. Esquema de pila no empotrada.

Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

- 1) Sección tipo: Losa aligerada de sección constante. Al ser la luz y por lo tanto el canto reducidos no es necesario aligerar el núcleo, aligerando la sección ejecutando voladizos laterales.
- 2) Canto de la losa: Se puede obtener según L/17 (Se ha dimensionado según valores habituales). Dado que la luz máxima (obtenida para el gálibo horizontal de 15.50 metros y fuste de 1.10 m) es de 16.60 metros:

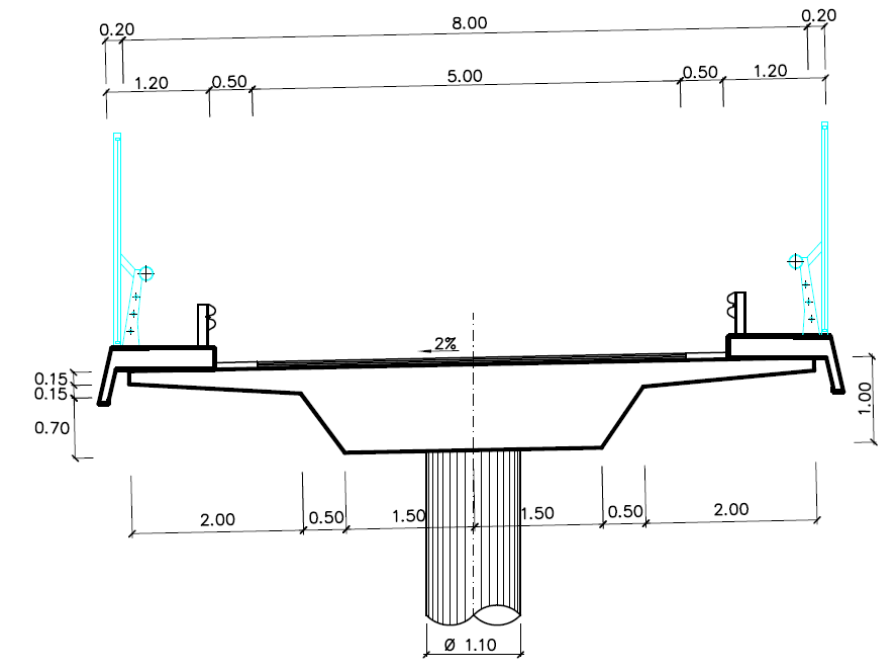
$$h = 16.60/17 = 97,64 \text{ cm (Se ha considerado } h=1.00\text{m)}$$

- 3) Geometría del voladizo de la losa: El espesor mínimo de la losa de hormigón en el voladizo es de 15 centímetros en el extremo del voladizo, y 35 cm en la unión con el cuerpo de la losa.
- 4) Aligeramiento. No se considera necesario aligerar la sección.
- 5) Longitudes de los vanos: se ha considerado, en general, 3 vanos, uno central de 16.60 metros, y dos vanos laterales de compensación de 11 metros cada uno. De esta forma se tiene una relación $(L \text{ vano lateral} / L \text{ vano central}) = 0.65$, con lo que es más que previsible que no existan problemas de levantamiento en los apoyos de los estribos. Además se atenderá a, los requisitos establecidos en la NAP en lo que se refiere a los gálibos horizontales.

Cuando el cruce de la reposición no sea ortogonal al eje del tablero, las longitudes de los vanos se ajustarán al mantenimiento de los gálibos (para el vano central), y al criterio de compensación de los vanos (para el vano lateral).

Cuando sea necesario salvar algún obstáculo adicional a la plataforma ferroviaria proyectada, o la longitud del paso (por estar en una trinchera) sea muy grande, se preverán pasos de más de tres vanos.

- 6) Ancho del tablero: se ha supuesto 5.00 metros de camino y dos arcenes de 0.50 metros cada uno, a cada lado de la calzada. Por otro lado se han dispuesto a ambos extremos del tablero dos aceras de 1.20 metros que permiten alojar tanto la barrera, como la barrera antivandálica. Todo esto supone disponer un ancho de tablero de 8.00 metros, como se puede ver en la figura que se muestra a continuación:



- 7) Los apoyos centrales se realizarán mediante pilas circulares empotradas al tablero y los apoyos extremos están formados por apoyos de neopreno zunchado sobre estribos de hormigón armado.
- 8) Juntas: Se colocarán juntas de dilatación en los estribos.
- 9) Cuñas de transición: Con el fin de evitar asentamientos entre la estructura y el terraplén se dispone un bloque técnico formado por la transición de los siguientes materiales, tal y como se muestra en la figura que se adjunta al final del apartado de los pasos superiores.

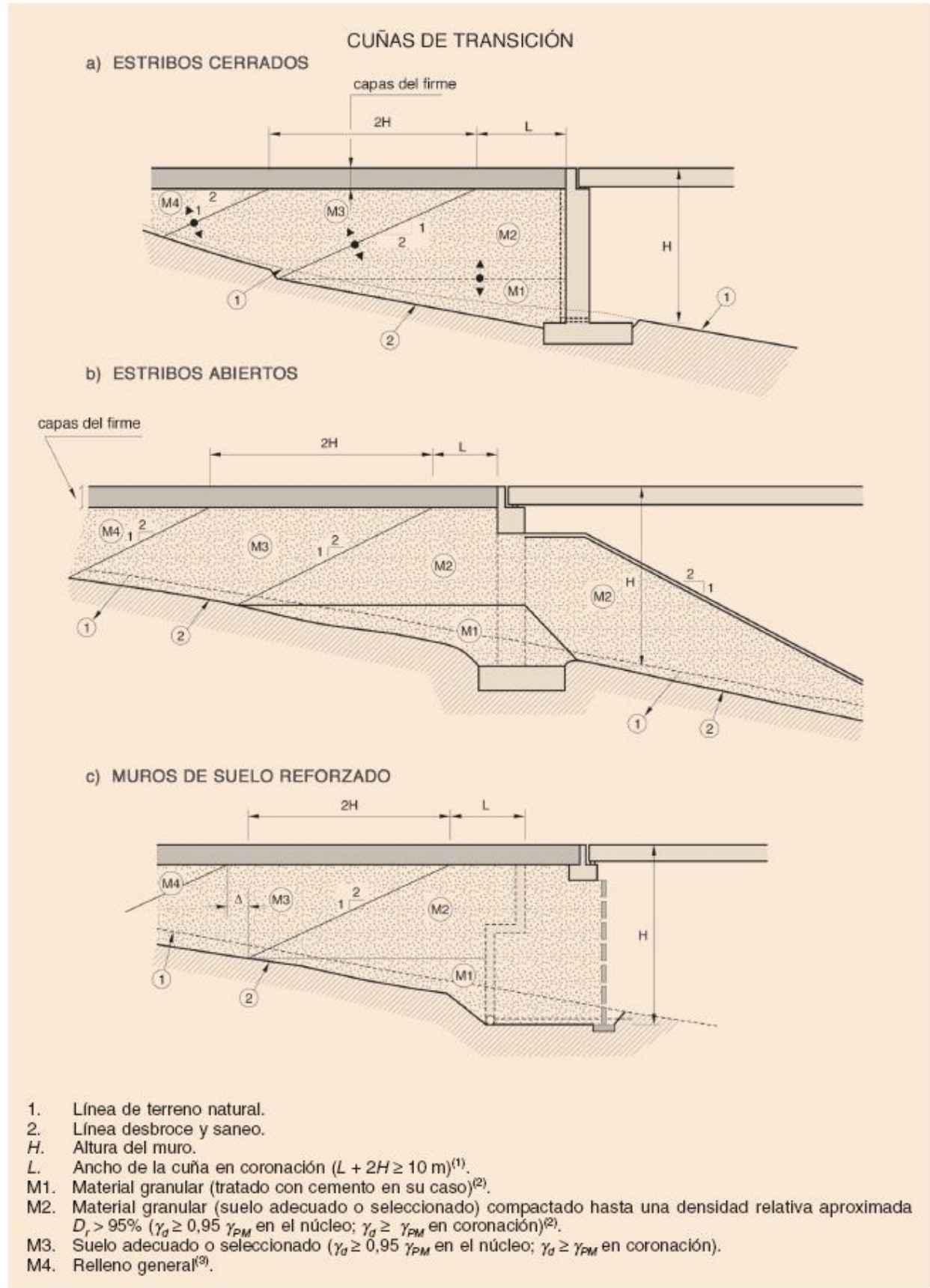
2.1.4.4. Relación de pasos superiores de camino

Una vez descritas las diversas tipologías definidas, se procede a continuación a listar los diversos Pasos Superiores, indicando sus principales características:

TRAMO	ALTERNATIVA	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	EXISTENTE	ACTUACIÓN
2	2.0	Paso superior	Camino	9+240	Si	Reposición
		Paso superior Rambla de la Fuente	Camino	30+860	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	32+000	Si	Ninguna
		Paso superior camino	Camino	44+225	Si	Ninguna
		Paso superior camino	Camino	45+505	Si	Reposición
		Paso superior Camino de la Paridera de Macia	Camino	46+445	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	48+875	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	50+775	Si	Reposición
3	3.0	Paso superior Monreal del Campo	Camino	3+545	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	6+670	Si	Reposición
4	4.1	Paso superior camino	Camino	5+710	No	Nueva construcción
	4.2	Paso superior camino	Camino	5+710	No	Nueva construcción
	4.3	Paso superior camino	Camino	5+710	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	12+290	Si	Reposición
5	5.1	Paso superior camino	Camino	9+465	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	16+505	No	Nueva construcción
	5.2	Paso superior camino	Camino	9+465	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	14+210	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	17+450	No	Nueva construcción
6	6.0	Paso superior camino	Camino	7+615	Si	Ninguna
		Paso superior camino	Camino	8+850	Si	Reposición
7	7.1	Paso superior camino	Camino	19+165	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	22+435	Si	Reposición
		Paso superior Camino de Carrales	Camino	26+920	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	27+920	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	29+950	No	Nueva construcción
	7.2	Paso superior camino	Camino	19+165	No	Nueva construcción
		Paso superior camino	Camino	22+435	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	24+330	Si	Reposición
8	8.0	Paso superior Camino Cordel Hondo de la Virgen	Camino	29+280	No	Nueva construcción
		Paso superior Cordel de la rotura	Camino	8+030	Si	Ninguna
		Paso superior Cañada Real Longares-Alfamen	Camino	8+590	Si	Reposición
		Paso superior Camino de Enmedio	Camino	9+990	Si	Reposición
		Paso superior Camino de la cooperativa	Camino	12+740	Si	Reposición
		Paso superior Camino de la Cabaña	Camino	13+555	Si	Reposición
		Paso superior Camino Agudillo	Camino	20+630	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	26+740	Si	Reposición

TRAMO	ALTERNATIVA	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	EXISTENTE	ACTUACIÓN
	8.1	Paso superior Cordel de la rotura	Camino	8+030	Si	Ninguna
		Paso superior Cañada Real Longares-Alfamen	Camino	8+590	Si	Reposición
		Paso superior Camino de Enmedio	Camino	9+990	Si	Reposición
		Paso superior Camino de la Cooperativa	Camino	12+740	Si	Reposición
		Paso superior Camino de la Cabaña	Camino	13+555	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	16+850	No	Nueva construcción
		Paso superior Camino Agudillo	Camino	20+530	Si	Reposición
9	9.0	Paso superior Calle Río Ebro	Calle	13+215	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	13+990	Si	Reposición
	9.1	Paso superior Calle Río Ebro	Calle	13+190	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	13+965	Si	Reposición
	9.2	Paso superior Calle Río Ebro	Calle	13+190	Si	Reposición
		Paso superior camino	Camino	13+960	No	Nueva construcción

2.1.4.5. Cuñas de transición en pasos superiores



⁽¹⁾ Si existe losa de transición de longitud L_t según el eje de la calzada soportada, deberá cumplirse la condición que dé lugar a una mayor longitud ($L + 2H$) de coronación de la cuña de transición.

- $L + 2H > 10 \text{ m}$
- $L + 2H > 2 L_t$

⁽²⁾ Véase artículo 332, «Rellenos localizados» del PG-3.

⁽³⁾ Véanse artículos 330, 331 ó 333 del PG-3, según el caso.

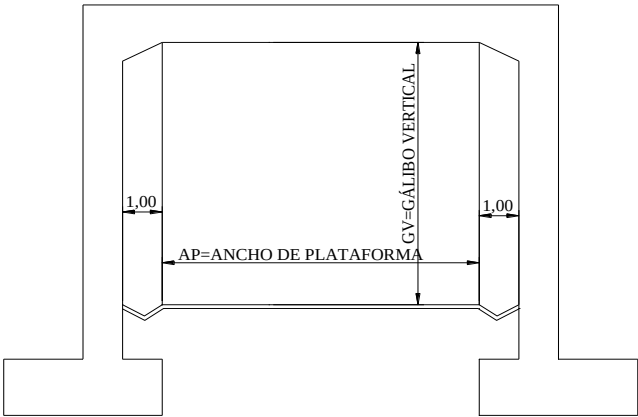
FIGURA 6.5. ALGUNOS EJEMPLOS DE CUÑAS DE TRANSICIÓN

2.1.5. Pasos inferiores

La NAP 2-0-0.5 “Pasos inferiores”, establece los siguientes condicionantes geométricos, en lo que se refiere a Pasos Inferiores de carretera:

- Para carreteras el valor de AP será como mínimo de 8.00m
- Para caminos se considerara un valor mínimo de 6.00m

En ambos casos se dispondrán dos cunetas pisables de 1.00m de ancho que darán continuidad a las cunetas de la carretera.



El galibo vertical GV se realizará conforme al punto 7.3.7 “Altura libre” de a norma 3.1- Instrucción de Carreteras sobre trazado.

- En tramos interurbanos y periurbanos mayor o igual que cinco metros y treinta centímetros ($\geq 5,30 \text{ m}$).
- En tramos urbanos mayor o igual que cinco metros ($\geq 5,00 \text{ m}$).

En lo que respecta a la tipología a emplear, se podrán ejecutar con solución prefabricada o in situ.

-Siempre que sea posible se procurará que la rasante proyectada permita pasar con las capas de subbalasto y capa de forma por encima de los pasos inferiores.

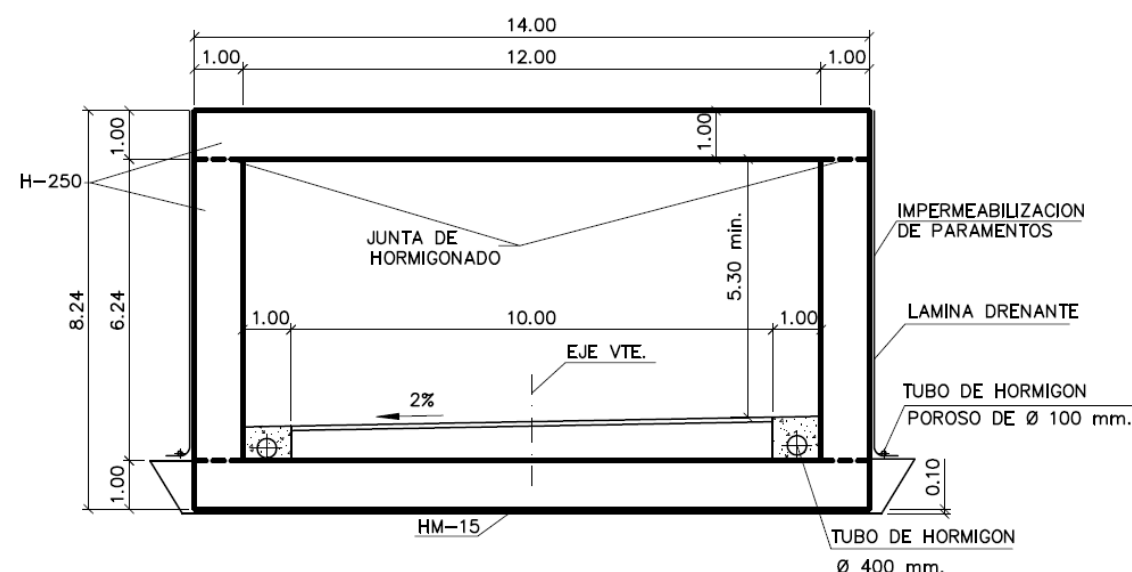
- Si no fuera así y hubiera que disponer las obras de paso a rasante (balasto más vías), se emplearán soluciones en pórtico o marco de hormigón armado, para luces hasta 10-12 m. Para luces superiores a éstas las estructuras se considerarán como puentes o viaductos y será de aplicación lo contenido en el apartado correspondiente.

- La solución pórtico o marco de hormigón armado, para las luces antes citadas, también se aplicará cuando exista sobre la obra de paso una montera de tierras de hasta unos 5 metros de altura. Para monteras de tierra superiores, se deberá justificar esta solución frente a la constituida por bóvedas de hormigón armado que podrán ser construidas in situ o prefabricadas. En el caso de optarse por soluciones prefabricadas estas podrán ser isostáticas o hiperestáticas.
- 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 carretera

Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

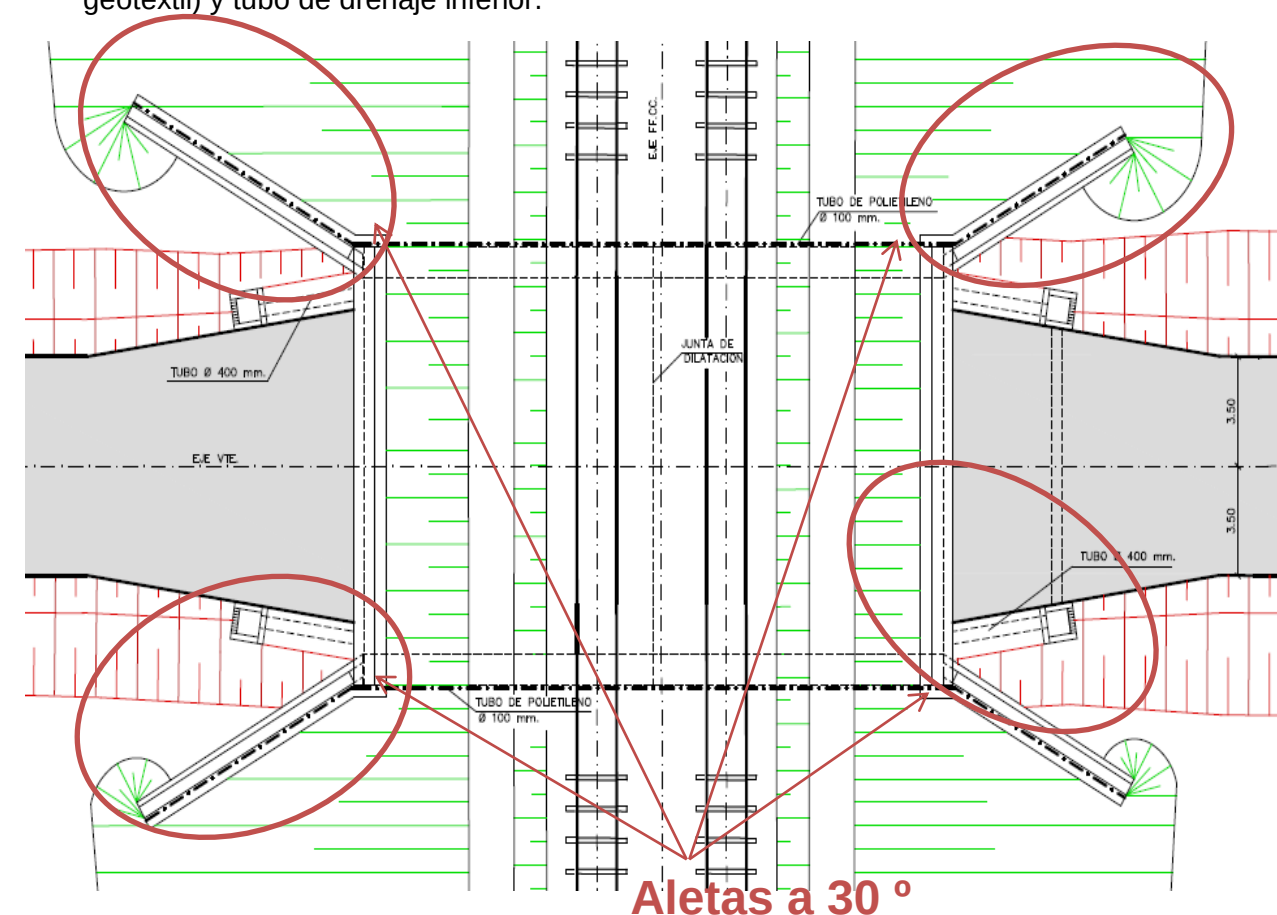
- 1) Los pasos Inferiores se realizarán mediante marcos de hormigón armado.
- 2) El galibo de los pasos inferiores de carreteras es el siguiente: Horizontal mínimo de 10 m y vertical de 5,3 m.
- 3) La sección transversal de la carretera en el paso inferior consistirá en disponer 10 metros (mayor al valor mínimo de AP=8.00 metros establecido en la NAP) para la calzada principal y dos cunetas de 1 metro de ancho cada una a ambos lados de la calzada, obteniéndose de esta forma un ancho interior de 12 metros (mayor al mínimo de 8 metros). Se muestra a continuación una figura dónde se reflejan las dimensiones del marco.



- 4) El espesor de hastiales, solera y dintel corresponde aproximadamente a un doceavo de la luz entre apoyos del marco:

$$h = \frac{12}{12} = 100 \text{ cm. (Se ha considerado } h = 1.00 \text{ metros)}$$

- 5) Se realiza una cuña de transición que evita los posibles asentamientos entre la estructura y el terraplén. Dicha cuña se realiza mediante la transición de los siguientes materiales. Se incluye al final del apartado de pasos inferiores una figura dónde se muestra el esquema de cuña de transición.
- 6) Se colocan aletas a la entrada y a la salida del paso, cuyas dimensiones dependen de la altura del terraplén de cada paso, formando respecto al eje del paso 30°. (Ver figura adjunta)
- 7) Los trasdoses de los cuerpos de paso y de los alzados de las aletas se protegerán de la humedad con pintura bituminosa, dren de paramento (lámina de plástico con resaltos y filtro geotextil) y tubo de drenaje inferior.



2.1.5.2. Relación de pasos inferiores de carretera

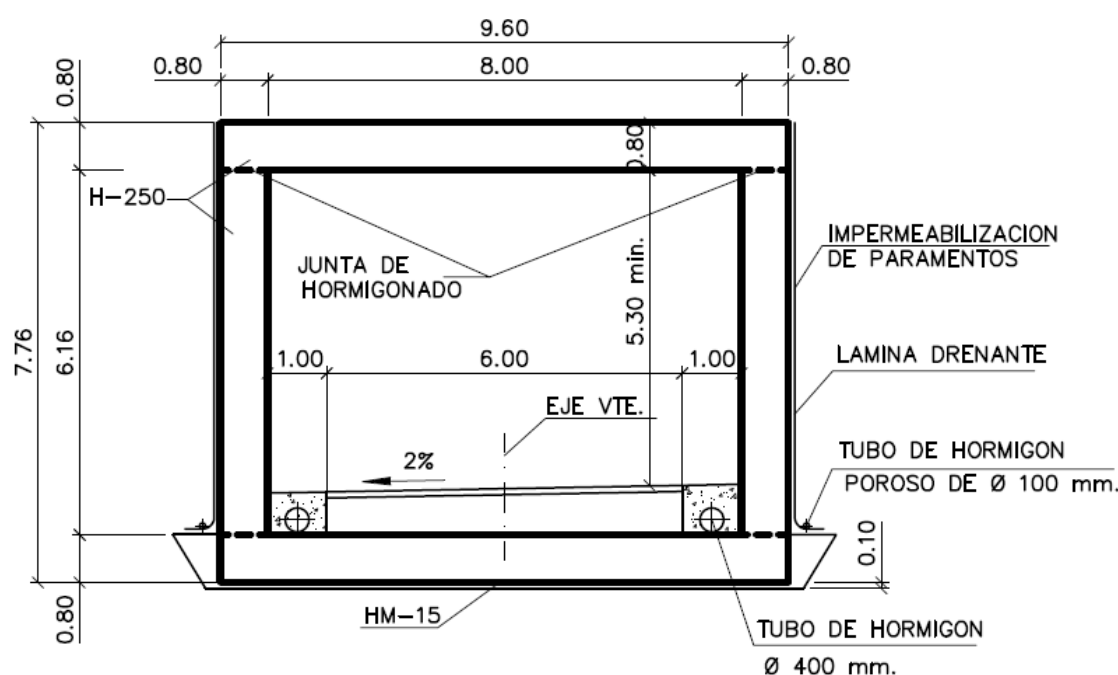
Una vez descritas las diversas tipologías definidas, se procede a continuación a listar los diversos Pasos Inferiores, indicando sus principales características:

TRAMO	ALTERNATIVA	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	EXISTENTE	ACTUACIÓN
1	1.0	Paso inferior Av. Zaragoza	Carretera	2+095	Si	Ampliación
		Paso inferior camino capuchinos	Carretera	2+510	Si	Ampliación
	1.2	Paso inferior Av. Zaragoza	Carretera	2+095	Si	Ampliación
		Paso inferior camino capuchinos	Carretera	2+510	Si	Ampliación
4	4.1	Paso inferior carretera TE-V-4302	Carretera	7+195	No	Nueva construcción
		Paso inferior Ctra N-234	Carretera	14+190	No	Nueva construcción
	4.2	Paso inferior Ctra A-1507	Carretera	11+850	No	Nueva construcción
	4.3	Paso inferior carretera TE-V-4302	Carretera	7+195	No	Nueva construcción
		Paso inferior Ctra N-234	Carretera	10+515	Si	Ampliación
7	7.1	Paso inferior CV-669	Carretera	24+530	No	Nueva construcción
		Paso inferior Ctra. A-220	Carretera	25+950	No	Nueva construcción
	7.2	Paso inferior camino del colmenar	Carretera	30+825	No	Nueva construcción
		Paso inferior carretera	Carretera	32+180	No	Nueva construcción
8	8.0	Paso inferior carretera	Carretera	10+710	Si	Ampliación
		Paso inferior carretera	Carretera	11+400	Si	Ampliación
		Paso inferior carretera	Carretera	21+745	Si	Ampliación
		Paso inferior carretera	Carretera	24+015	Si	Ampliación
	8.1	Paso inferior carretera	Carretera	10+710	Si	Ampliación
		Paso inferior carretera	Carretera	11+400	Si	Ampliación
		Paso inferior carretera	Carretera	21+645	Si	Ampliación
		Paso inferior carretera	Carretera	23+915	Si	Ampliación
9	9.0	Paso inferior carretera	Carretera	18+135	Si	Ampliación
	9.1	Paso inferior carretera	Carretera	18+110	Si	Ampliación
	9.2	Paso inferior carretera	Carretera	18+135	Si	Ampliación
10	10.1	Paso inferior carrettera	Carretera	10+060	Si	Ampliación

2.1.5.3. Pasos inferiores de camino

Las características más reseñables de esta solución, se listan a continuación:

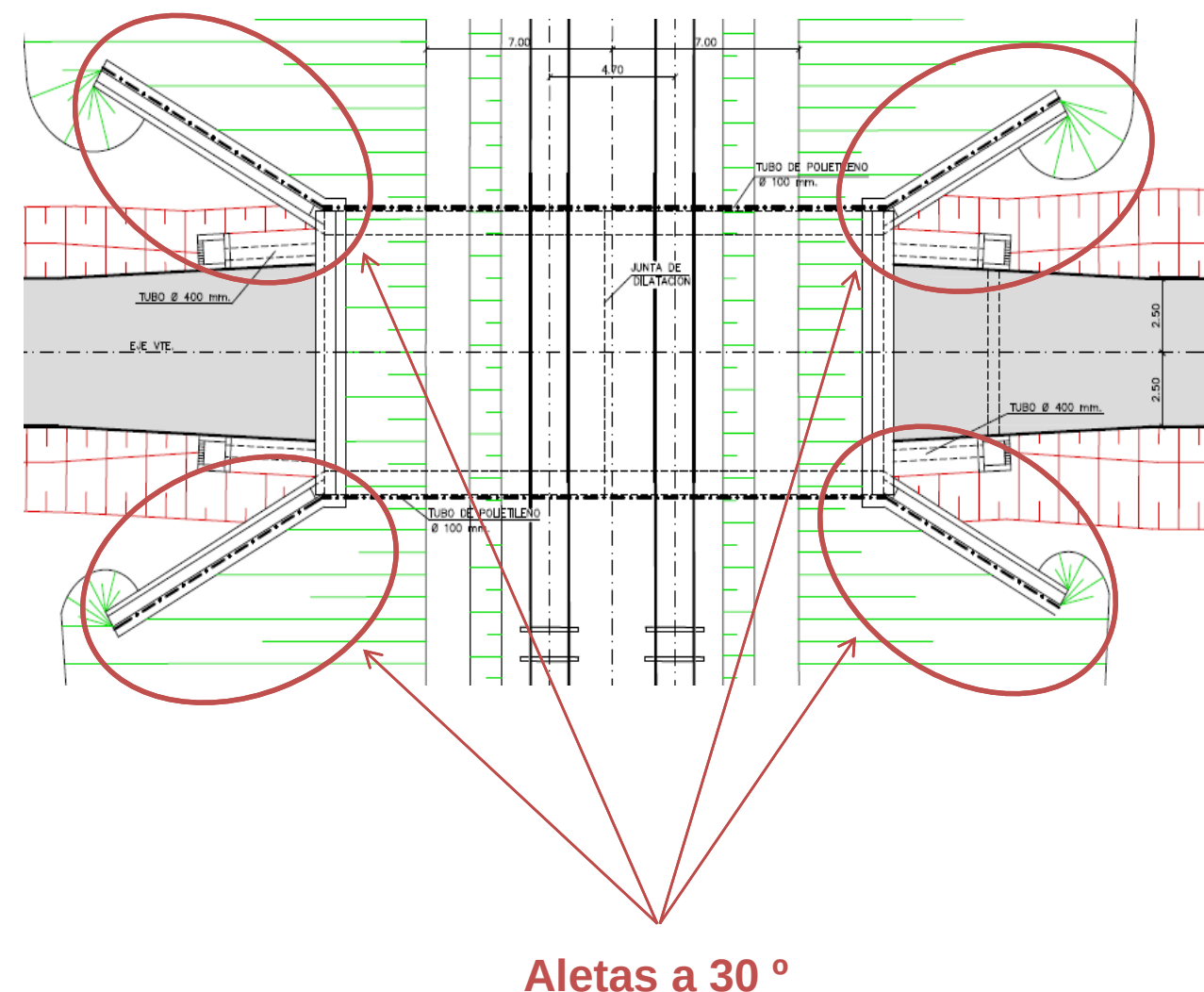
- 1) Los pasos Inferiores se realizarán mediante marcos de hormigón armado
- 2) El gálibo de los pasos inferiores de caminos es el siguiente: Horizontal mínimo de 8 m y vertical de 5,3 m.
- 3) La sección transversal de la carretera en el paso inferior consistirá en disponer 6 metros para la calzada principal y dos cunetas de 1 metro de ancho cada una a ambos lados de la calzada, obteniéndose de esta forma un ancho interior de 8 metros. Se muestra a continuación una figura dónde se reflejan las dimensiones del marco.



- 4) El espesor de hastiales, solera y dintel corresponde aproximadamente a un décimo de la luz entre apoyos del marco:

$$h = \frac{800}{10} = 80 \text{ cm. (Se ha considerado } h = 0.80 \text{ metros)}$$

- 5) Se realiza una cuña de transición que evita los posibles asientos entre la estructura y el terraplén. Dicha cuña se realiza mediante la transición de los siguientes materiales. Se incluye al final del apartado de pasos inferiores una figura dónde se muestra el esquema de cuña de transición.
- 6) Se colocan aletas a la entrada y a la salida del paso, cuyas dimensiones dependen de la altura del terraplén de cada paso, formando respecto al eje del paso 30°. (Ver figura adjunta)
- 7) Los trasdoses de los cuerpos de paso y de los alzados de las aletas se protegerán de la humedad con pintura bituminosa, dren de paramento (lámina de plástico con resaltos y filtro geotextil) y tubo de drenaje inferior.



2.1.5.4. Relación de pasos inferiores de camino

Una vez descritas las diversas tipologías definidas, se procede a continuación a listar los diversos Pasos Inferiores, indicando sus principales características:

TRAMO	ALTERNATIVA	ESTRUCTURA TIPO	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	EXISTENTE	ACTUACIÓN
1	1.0	Paso inferior	Paso inferior Plaza San Sebastián	Camino	1+380	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino capuchinos	Camino	2+550	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior junto a rio Alfambra	Camino	2+950	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior	Camino	3+335	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior	Camino	4+375	Si	Ampliación
	1.1	Paso inferior	Paso inferior Plaza San Sebastián	Camino	1+380	Si	Ampliación
	1.2	Paso inferior	Paso inferior Plaza San Sebastián	Camino	1+380	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino capuchinos	Camino	2+550	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior junto a rio Alfambra	Camino	2+950	Si	Ampliación
2	2.0	Paso inferior	Camino del Batan	Camino	4+970	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	6+950	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Camino Azucarera	Camino	28+355	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior calleja de los maestros	Camino	28+805	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	43+285	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	48+790	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	51+615	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	52+355	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	52+390	Si	Ampliación
3	3.0	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	3+260	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	5+600	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	6+190	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	6+900	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	9+140	Si	Ampliación
	3.1	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	3+260	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	5+200	No	Nueva construcción
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	8+210	No	Nueva construcción
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	8+755	No	Nueva construcción
4	4.1	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	10+180	No	Nueva construcción
	4.2	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	9+770	No	Nueva construcción
	4.3	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	9+980	No	Nueva construcción
		Paso inferior	Paso inferior camino Bañón	Camino	11+380	Si	Ampliación
6	6.0	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	6+495	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	14+550	Si	Ampliación
7	7.1	Paso inferior	Paso inferior Calle cernada	Camino	7+830	Si	Ampliación
	7.2	Paso inferior	Paso inferior Calle cernada	Camino	7+830	Si	Ampliación
8	8.0	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	11+120	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Arroyo Torrubia	Arroyo	16+750	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	16+905	Si	Ampliación

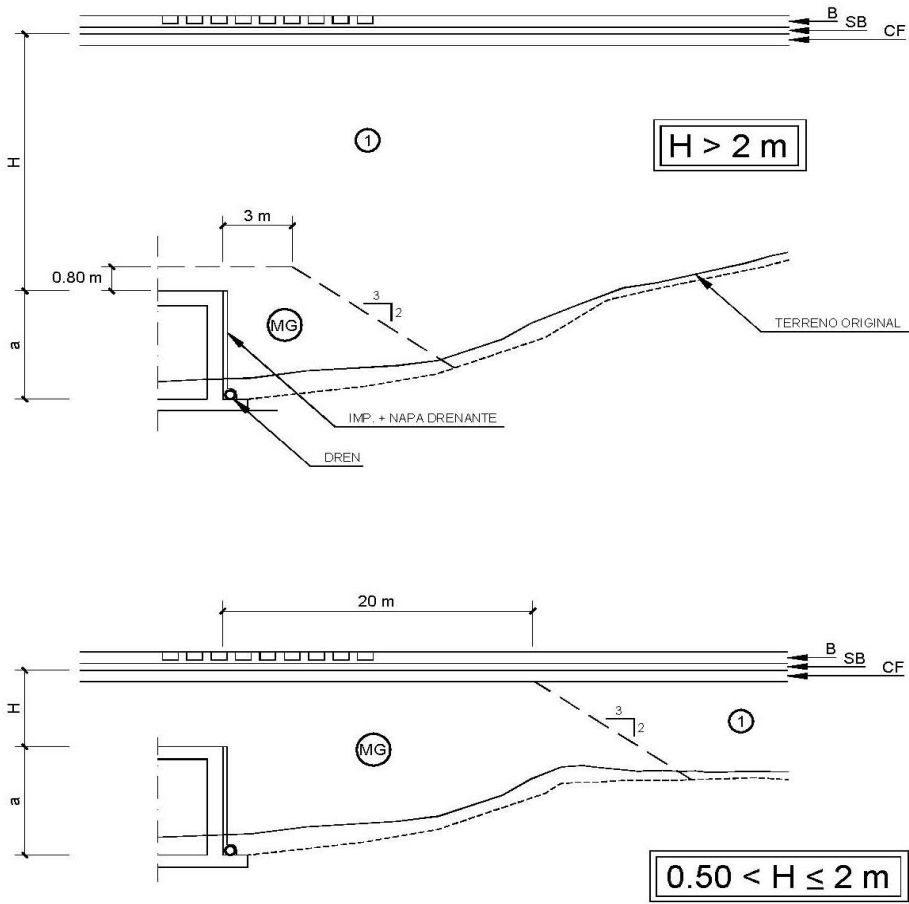
TRAMO	ALTERNATIVA	ESTRUCTURA TIPO	DENOMINACION	VIAL AFECTADO	PK INICIO	EXISTENTE	ACTUACIÓN
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	18+310	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	19+335	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	22+265	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	24+580	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	27+595	Si	Ampliación
	8.1	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	11+120	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	18+210	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	19+235	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	22+165	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	24+480	Si	Ampliación
	9	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	27+495	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	9+650	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	11+105	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Calle Huesca	Calle	12+470	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Calle Rio Ara	Calle	12+860	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	14+660	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	15+575	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	17+205	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	9+655	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Barranco Maria	Barranco	11+115	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Calle Huesca	Calle	12+445	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Calle Rio Ara	Calle	12+835	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	14+635	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	15+550	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	17+180	Si	Ampliación
	9.2	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	9+655	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Barranco Maria	Barranco	11+115	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Calle Huesca	Calle	12+445	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior Calle Rio Ara	Calle	12+835	Si	Ampliación
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	15+610	No	Nueva construcción
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	17+205	Si	Ampliación
10	10.1	Paso inferior	Paso infeior camino	Camino	11+415	Si	Ampliación
		Paso inferior	Pasoi inferior camino	Camino	12+145	No	Nueva construcción
		Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	12+750	No	Nueva construcción
11	11.1	Paso inferior	Paso inferior camino	Camino	13+630	Si	Ampliación

2.1.5.5. *Cuñas de transición en pasos inferiores*

TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO I (NORMAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON ANTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

OBRAS DE FÁBRICA ENTERRADAS
(DRENAJE TRANSVERSAL, PASOS INFERIORES)



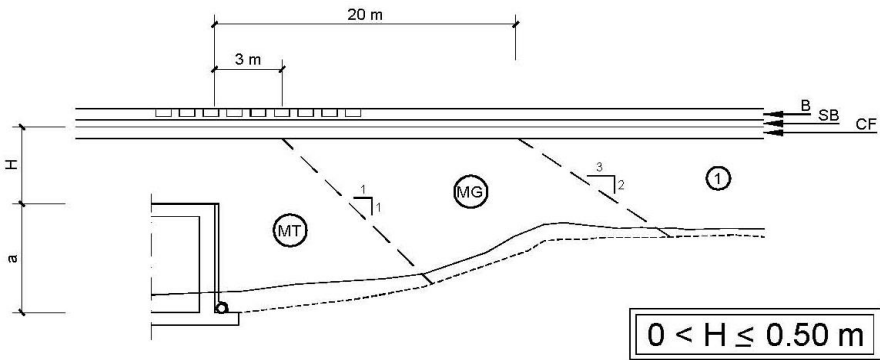
MATERIALES:

LAS LÍNEAS DE TRAZOS NO INDICAN UN TALUD REAL A EJECUTAR, SI NO QUE DEFINEN, A LA ALTURA DE CADA TONGADA DEL RELLENO GENERAL EL LÍMITE APROXIMADO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAL: **1** (MATERIAL PARA NÚCLEO Y CORONACIÓN), **MG** (MATERIAL GRANULAR) Y **MT** (MG MEZCLADO CON CEMENTO).

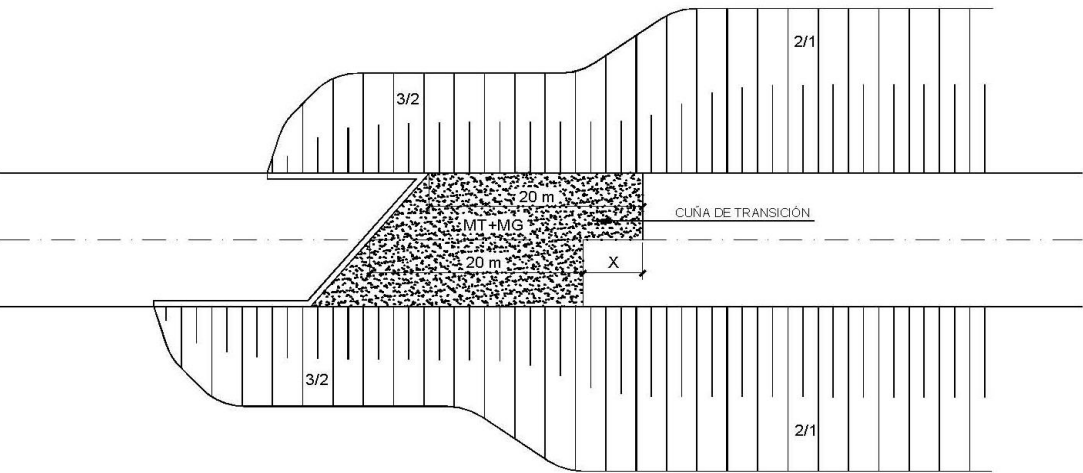
TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO I (NORMAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON ANTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

OBRAS DE FÁBRICA ENTERRADAS
(DRENAJE TRANSVERSAL, PASOS INFERIORES)



CASO DE PLANTA CON ESVAJE



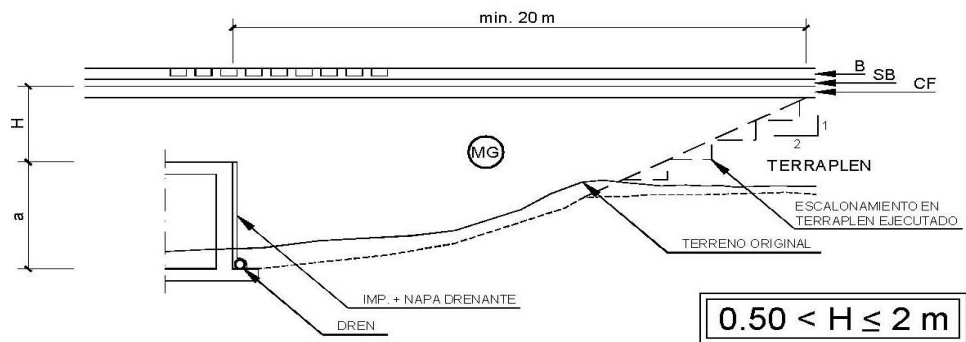
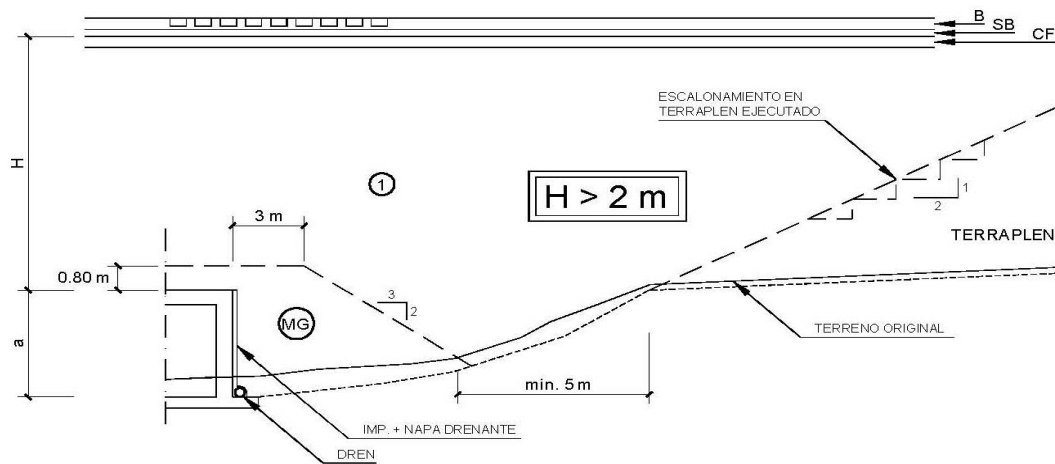
NOTA:

SI X < 5.00 m, UNIFICAR EL LÍMITE DE LA CUÑA A TODO EL ANCHO DE LA PLATAFORMA.

TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO II (EXCEPCIONAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON POSTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

OBRAS DE FÁBRICA ENTERRADAS
(DRENAJE TRANSVERSAL, PASOS INFERIORES)



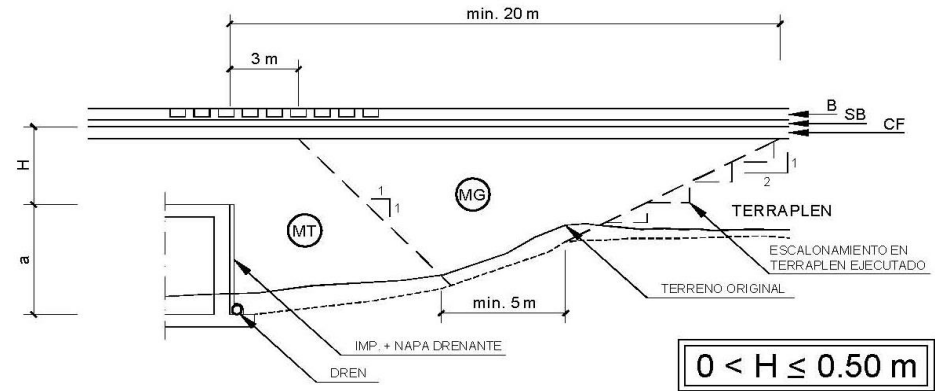
MATERIALES:

LAS LÍNEAS DE TRAZOS NO INDICAN UN TALUD REAL A EJECUTAR, SI NO QUE DEFINEN, A LA ALTURA DE CADA TONGADA DEL RELLENO GENERAL EL LIMITE APROXIMADO DE LOS DISTINTOS TIPOS DE MATERIAL: 1 (MATERIAL PARA NÚCLEO Y CORONACIÓN), MG (MATERIAL GRANULAR) Y MT (MG MEZCLADO CON CEMENTO).

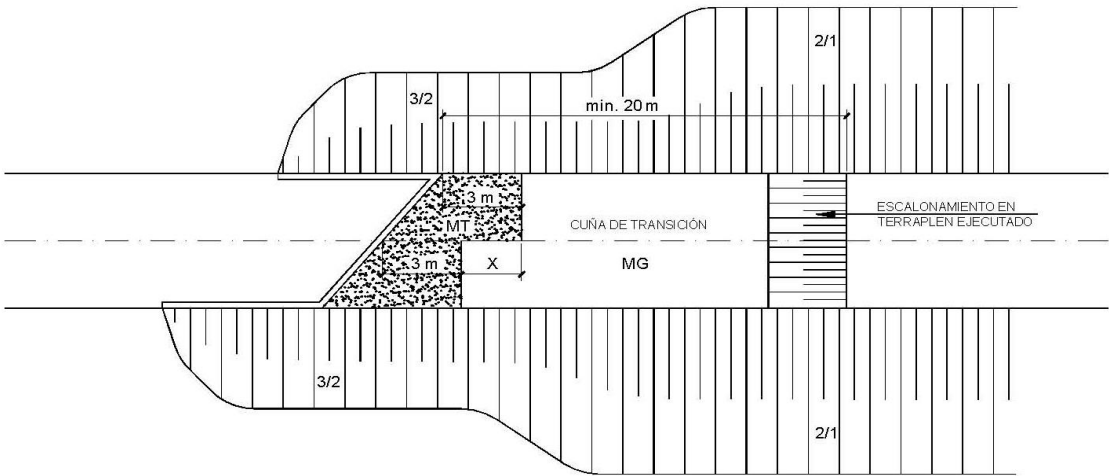
TRANSICIONES TERRAPLÉN-OBRA DE FÁBRICA

CASO II (EXCEPCIONAL): EJECUCIÓN DE LA OBRA DE FÁBRICA CON POSTERIORIDAD AL TERRAPLÉN ADYACENTE.

OBRAS DE FÁBRICA ENTERRADAS
(DRENAJE TRANSVERSAL, PASOS INFERIORES)



CASO DE PLANTA CON ESIVIAJE



NOTA:

SI $X < 5.00$ m. UNIFICAR EL LÍMITE DE LA CUÑA A TODO EL ANCHO DE LA PLATAFORMA.

3. TÚNELES

3.1. CRITERIOS EMPLEADOS

Para la determinación de los túneles necesarios en las distintas alternativas de trazado propuestas en este Estudio Informativo se han establecido unos criterios generales previos que permiten distinguir entre los tramos en desmonte, los tramos donde se debe disponer túnel artificial y los tramos de túnel.

Estos criterios se basan únicamente en aspectos geométricos para el caso de los desmontes y túneles que se establecen en función de la altura de tierras sobre la plataforma.

De esta manera se establece que la solución con desmontes es aceptable hasta alturas de 25 m, con taludes de inclinación máxima 45º para asegurar la integración paisajística de los taludes y favorecer la revegetación de los mismos.

A partir de 25 m de altura se plantean soluciones de túnel. Para los túneles previstos en las diferentes alternativas de los tramos 4 y 5 se recomienda, para su ejecución, el Nuevo Método Austriaco (NTMA) o el sistema Bernold. En el tramo 7 se generan los túneles más importantes y de mayor longitud, de 6730 m, su ejecución podrá ser realizada mediante tuneladora con escudo abierto o mediante el Nuevo Método Austriaco (NTMA).

Según estos condicionantes se han dispuesto los siguientes túneles en las alternativas de trazado estudiadas:

TRAMO	ALTERNATIVA	TIPOLOGIA	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)
4	4.1	Túnel de vía doble	14+600	15+645	1045
	4.2	Túnel de vía doble	14+335	15+440	1105
	4.3	Túnel de vía doble	13+465	14+115	650
5	5.1	Túnel de vía doble	7+975	9+320	1345
	5.2	Túnel de vía doble	7+975	9+320	1345
7	7.1	Túnel de vía doble	10+700	17+430	6730
	7.2	Túnel de vía doble	10+700	17+430	6730

3.2. CÁLCULO DE LA SECCIÓN LIBRE

3.2.1. Cálculo aerodinámico de la sección de los túneles

Cuando los trenes circulan a altas velocidades en el interior de túneles las ondas de presión que se generan pueden provocar sensaciones molestas en los pasajeros. Para reducir la variación del nivel de presión y mejorar de esta manera el nivel de confort de los pasajeros se puede:

- Disminuir la velocidad del tren.
- Incrementar la sección del túnel.
- Emplear material móvil estanco o presurizado.

La sección libre de los túneles debe justificarse partiendo de las condiciones de seguridad y confort según criterios aerodinámicos y dependiendo de la velocidad máxima de circulación admisible según la geometría del trazado. Se ha considerado que la velocidad máxima es de 250 km/h.

Con el fin de unificar criterios, a partir de la utilización de los gráficos de la Ficha U.I.C. 779-11, y siguiendo lo especificado en la publicación del Ministerio de Fomento “Recomendaciones para Dimensionar Túneles Ferroviarios por Efectos Aerodinámicos de Presión sobre Viajeros”, se han adoptado los siguientes criterios de diseño:

- 1) Comprobación del criterio de salud (máxima diferencia de presión de 10 kPa a lo largo del recorrido del tren por el túnel):

Cruce de dos trenes de alta velocidad carenados no estancos, con el decalaje pésimo, a la mayor velocidad que permita el trazado, para longitudes de tren de 100, 200 y 400 metros y sección del tren de 12 m2 (dos pisos).
- 2) Comprobación del criterio de confort (máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 4 KPa):

Cruce de un tren de velocidad 250 km/h carenado y estanco y otro convencional no estanco con el decalaje pésimo a 220 km/h, para longitud de tren de 200 metros y sección de 10 m2.
- 3) Comprobación del criterio de confort (máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 2 kPa):

Un solo tren de tipo convencional moderno no estanco circulando por el túnel a la velocidad máxima de 220 km/h, para longitud de tren de 200 metros y sección de 10 m2.

3.2.2. Metodología de cálculo de la sección libre

En los siguientes apartados se muestra la metodología seguida para el diseño de la sección libre del túnel.

3.2.2.1. Criterio de salud

La comprobación del criterio de salud, o de seguridad, no se van a utilizar los gráficos de las fichas 779 – 11 de la U.I.C. En este caso se utilizarán las tablas de la publicación “Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros” del

Ministerio de Fomento.

Entrando en la columna izquierda se selecciona la fila correspondiente a la longitud del túnel. Seleccionando la columna correspondiente a la velocidad de proyecto se obtiene el valor de la sección mínima.

3.2.2.2. Criterios de confort

Para calcular la sección libre de un túnel utilizando las fichas U.I.C. 779-11 se parte de los siguientes datos que se establecen en los criterios de confort:

- Circulación de 1 tren o de 2 trenes.
- Velocidad del tren o de los trenes (Km/h).
- Longitud del túnel (m).
- Longitud del tren (m).
- Sección del tren (m²)
- Variación máxima de presión aceptable (kPa).

Para resolver cada caso, se escoge una gráfica de la ficha U.I.C., en función de los siguientes parámetros:

- Nº de trenes circulando por el túnel: Puede haber 1 tren (vía única) ó 2 trenes que se cruzan en el túnel (doble vía).
- Velocidad del tren o de los trenes.
- Variación máxima de presión en 1 segundo, 4 segundos ó 10 segundos (para 1 tren circulando en vía única).
- Variación máxima de presión en 4 segundos (para 2 trenes circulando en doble vía, a la misma velocidad o velocidades diferentes).
- Una vez seleccionada la ficha, se determina la sección libre del siguiente modo:
- Se entra en el eje de abscisas con el valor L_{tun} / L_{tr} , que es longitud del túnel partida por la longitud del tren.
- En el eje de ordenadas se entra con el valor de la presión máxima permitida.

El punto así calculado corresponde a un determinado valor B denominado coeficiente de bloqueo, que es igual a la sección del tren partida por la sección libre del túnel (S_{tr} / S_{tun}).

Los valores intermedios que figuran entre las isolíneas de las fichas se pueden interpolar linealmente para obtener el valor de B. Igualmente, para diferentes categorías de trenes definidos (diferentes velocidades), es posible determinar el valor de B interpolando entre 2 fichas.

Así pues, conociendo la sección del tren calculamos la sección del túnel dividiendo el área de la sección transversal del túnel, S_{tun} , por el valor B.

3.3. RESULTADOS DEL DIMENSIONAMIENTO

A continuación se exponen los resultados de los cálculos del dimensionamiento realizado con los criterios y metodología anteriormente expuestos.

3.3.1. Túnel Alternativa 4.1 (P.K. 14+600-P.K. 15+645)

El túnel tiene una sección tipo monotubo de vía doble y una longitud total de 1.045 m.

Siguiendo la metodología expuesta en el apartado anterior, se obtienen las secciones libres mínimas para cada criterio para la velocidad de diseño de este túnel de 250 km/h.

3.3.1.1. Criterio 1

Se realiza la comprobación del criterio de salud considerando una máxima diferencia de presión de 10 kPa a lo largo del recorrido del tren por el túnel.

Se considera el cruce de dos trenes de alta velocidad carenados no estancos, con el decalaje pésimo, a la mayor velocidad que permita el trazado, para longitudes de tren de 100, 200 y 400 metros y sección del tren de 12 m² (dos pisos).

Los siguientes cuadros reproducen las tablas de la publicación “Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros”, que corresponden a túneles de vía doble.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para $Dp(T) \leq 10$ kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	117
500	< 75	< 75	94	118
1.000	< 75	< 75	80	100
1.500	< 75	< 75	< 75	98
2.000	< 75	< 75	< 75	98
3.500		< 75	< 75	93
5.000		< 75	< 75	91
7.500		< 75	< 75	80
10.000		< 75	< 75	75

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 100 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para $Dp(T) \leq 10$ kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	80
500	< 75	75	104	133

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
1.000	< 75	75	102	122
1.500	< 75	< 75	89	120
2.000	< 75	< 75	86	109
3.500	< 75	< 75	77	109
5.000	< 75	< 75	75	107
7.500	< 75	< 75	75	100
10.000	< 75	< 75	< 75	96

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 200 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200		< 75	< 75	81
500	< 75	< 75	80	94
1.000	< 75	77	111	150
1.500	< 75	86	120	155
2.000	< 75	85	118	159
3.500	< 75	83	104	131
5.000	< 75	82	95	126
7.500	< 75	76	94	123
10.000	< 75	< 75	92	117

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 400 m.

Conforme a lo anterior se presenta el siguiente cuadro con los resultados obtenidos para las diferentes velocidades del estudio.

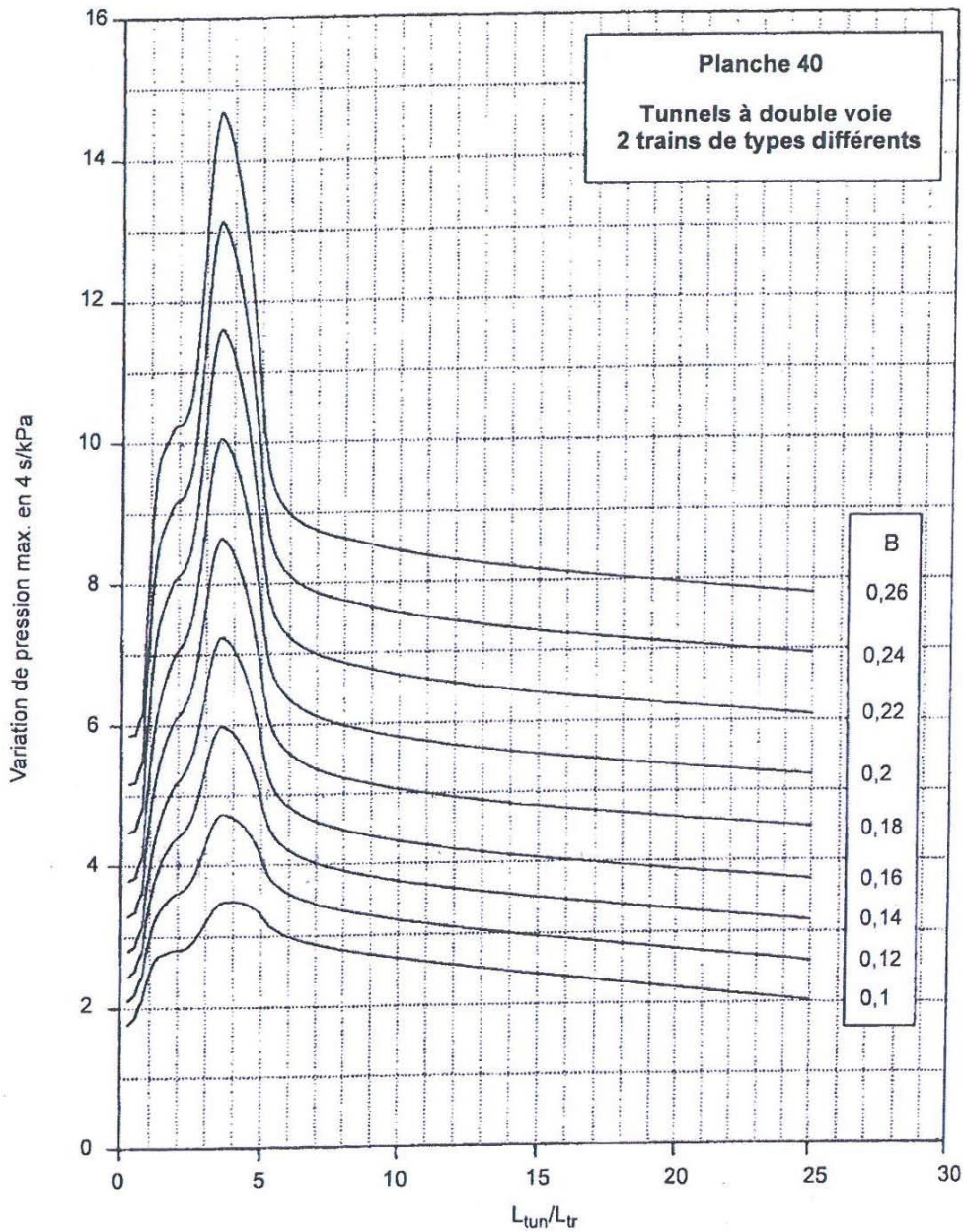
VELOCIDAD	LONGITUD (m)	SECCIÓN SEGÚN CRITERIO DE SALUD (m ²)		
		100	200	400
250 km/h	1.060m	75	75	75

3.3.1.2. Criterio 2

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 4 kPa.

Se considera el cruce de un tren de alta velocidad carenado y estanco a 250 km/h y otro convencional no estanco con el decalaje pésimo a 220 km/h, para longitud de tren de 200 metros y sección de 10 m².

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la Figura 40 de las fichas UIC 779–11.



Ficha 40 de la U.I.C. 779-11

Se deduce entonces que la sección para cada velocidad de diseño:

VELOCIDAD 250 km/h	
Long túnel (m)	1045
Long tren (m)	200
L tun / L tr	5.23

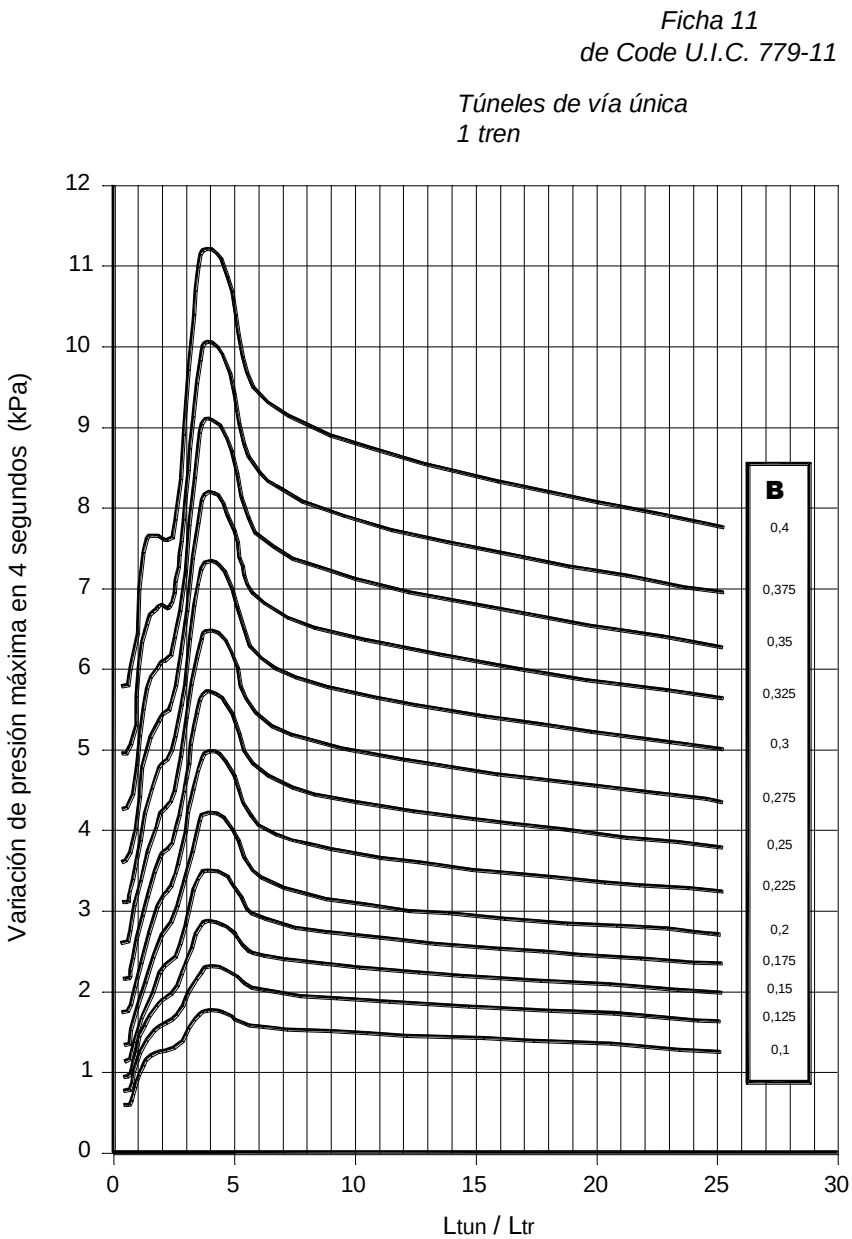
Variación máxima de presión en 4s (kPa)	4
Velocidad V1 (km/h)	220
Velocidad V2 (km/h)	250
B= S tren / S túnel	0,12
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	83,33

3.3.1.3. Criterio 3

Se realiza la comprobación del criterio de confort con la máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 2 kPa.

Se considera un solo tren de tipo convencional, moderno, no estanco, circulando por el túnel a su velocidad máxima (220 km/h), para una longitud de tren de 200 metros y sección de tren de 10 m².

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la ficha 11 de UIC 779 – 11.



Tren moderno convencional. Velocidad = 220 km/h

Ficha 11 de la U.I.C. 779-11.

En el Cuadro adjunto se presentan los resultados obtenidos.

TÚNEL	
Long túnel (m)	1045
Long tren (m)	200
L tun / L tr	5.23

Variación máxima de presión en 4s (kPa)	2,0
Velocidad (km/h)	220
B= S tren / S túnel	0,12
Sección tren (m²)	0,10
Sección túnel (m²)	83,33

3.3.1.4. Resumen de resultados

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los resultados de los cálculos realizados en los apartados anteriores:

VELOCIDAD DE DISEÑO	LONGITUD (m)	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 1	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITE- RIO 2	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITE- RIO 3	SECCIÓN (m²) CÁLCULO
250 km/h	1.045 m	75	83,33	83,33	83,333

3.3.2. Túnel Alternativa 4.2 (P.K. 14+335-P.K. 15+440)

El túnel tiene una sección tipo monotubo de vía doble y una longitud total de 1105 m.

Siguiendo la metodología expuesta anteriormente, se obtienen las secciones libres mínimas para cada criterio para una velocidad de diseño de 250 km/h.

3.3.2.1. Criterio 1

Se realiza la comprobación del criterio de salud considerando una máxima diferencia de presión de 10 kPa a lo largo del recorrido del tren por el túnel.

Se considera el cruce de dos trenes de alta velocidad carenados no estancos, con el decalaje pé- simo, a la mayor velocidad que permita el trazado, para longitudes de tren de 100, 200 y 400 me- tros y sección del tren de 12 m2 (dos pisos).

Los siguientes cuadros reproducen las tablas de la publicación “Recomendaciones para dimensio- nar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros”, que corresponden a túneles de vía doble.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	117
500	< 75	< 75	94	118
1.000	< 75	< 75	80	100
1.500	< 75	< 75	< 75	98
2.000	< 75	< 75	< 75	98
3.500		< 75	< 75	93
5.000		< 75	< 75	91
7.500		< 75	< 75	80
10.000		< 75	< 75	75

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 100 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	80
500	< 75	75	104	133
1.000	< 75	75	102	122
1.500	< 75	< 75	89	120
2.000	< 75	< 75	86	109
3.500	< 75	< 75	77	109
5.000	< 75	< 75	75	107
7.500	< 75	< 75	75	100
10.000	< 75	< 75	< 75	96

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 200 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200		< 75	< 75	81
500	< 75	< 75	80	94
1.000	< 75	77	111	150
1.500	< 75	86	120	155
2.000	< 75	85	118	159
3.500	< 75	83	104	131
5.000	< 75	82	95	126
7.500	< 75	76	94	123
10.000	< 75	< 75	92	117

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 400 m.

Conforme a lo anterior se presenta el siguiente cuadro con los resultados obtenidos para las diferentes velocidades del estudio.

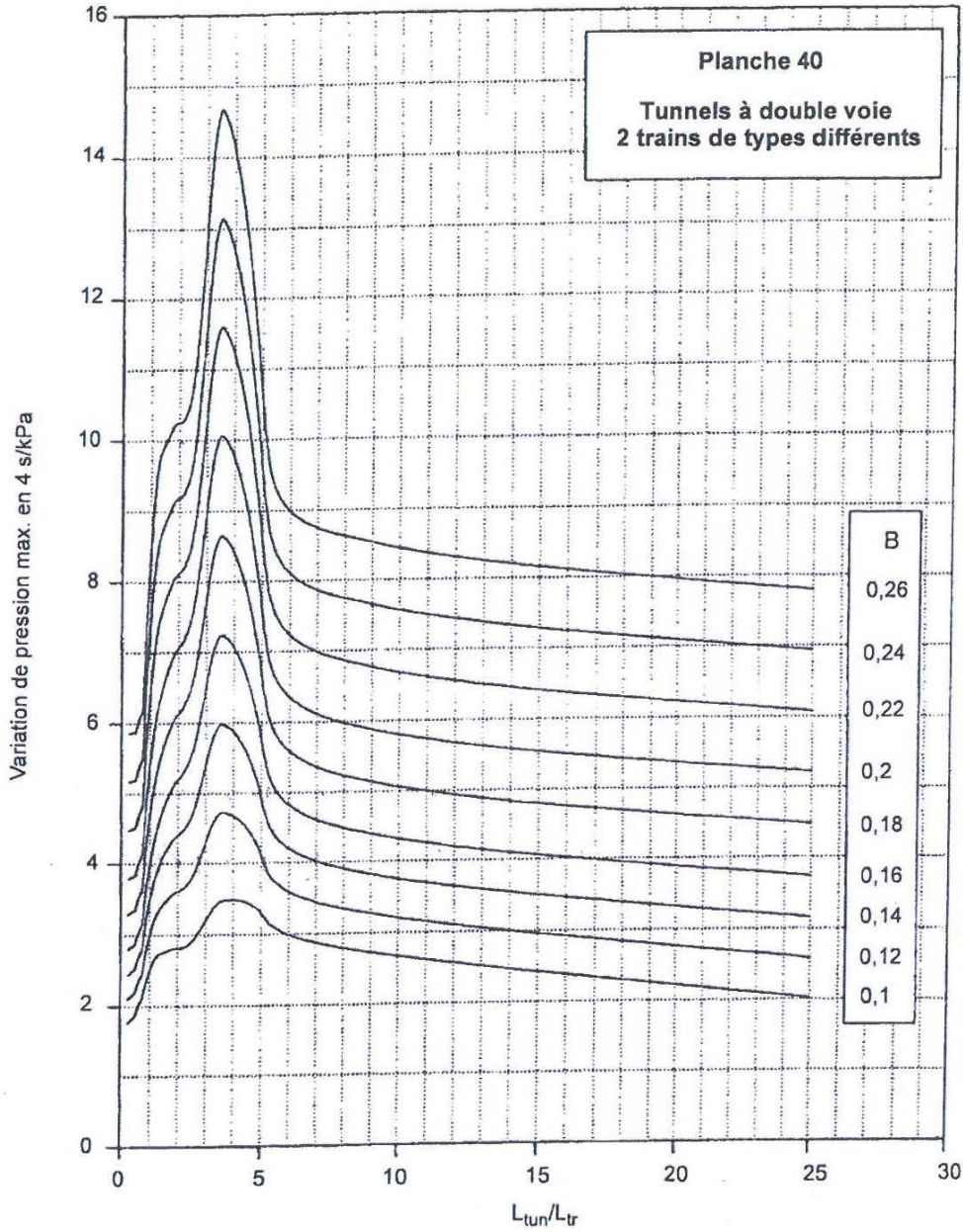
VELOCIDAD	LONGITUD (m)	SECCIÓN SEGÚN CRITERIO DE SALUD (m ²)		
		100	200	400
250 km/h	990,73m	75	75	75

3.3.2.2. Criterio 2

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 4 kPa.

Se considera el cruce de un tren de alta velocidad, carenado y estanco a 250 km/h y otro convencional no estanco con el decalaje pésimo a 220 km/h, para longitud de tren de 200 metros y sección de 10 m2.

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la Figura 40 de las fichas 779–11 de U.I.C.



Ficha 40 de la U.I.C. 779-11

Se deduce entonces que la sección para cada velocidad de diseño:

VELOCIDAD 250 km/h	
Long túnel (m)	1105
Long tren (m)	200
L tun / L tr	5.53

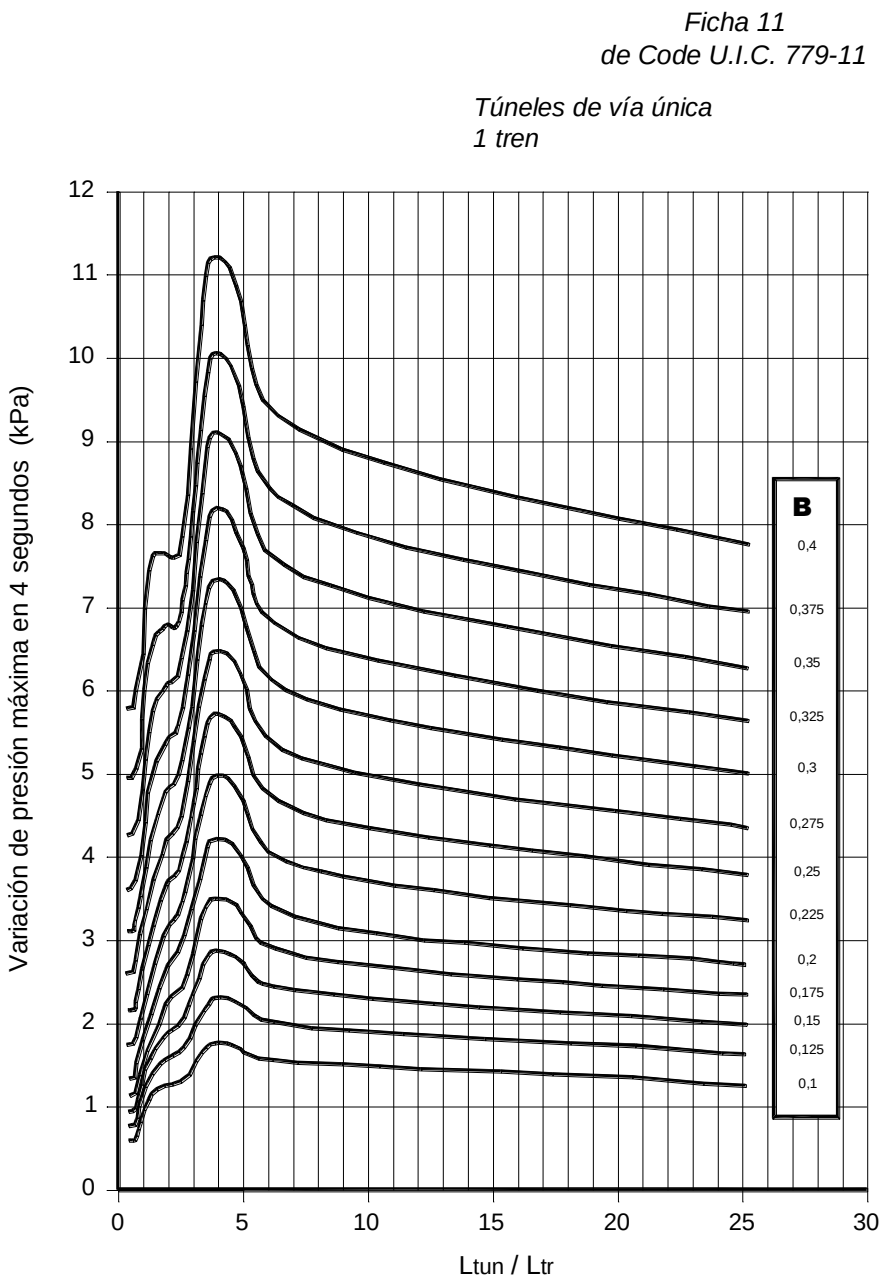
Variación máxima de presión en 4s (kPa)	4
Velocidad V1 (km/h)	220
Velocidad V2 (km/h)	250
B= S tren / S túnel	0,12
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	83,33

3.3.2.3. Criterio 3

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 2 kPa.

Se considera un solo tren de tipo convencional moderno, no estanco circulando por el túnel a su velocidad máxima (220 km/h), para longitud de tren de 200 metros y sección de tren de 10 m².

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la ficha 11 de UIC 779 – 11.



Tren moderno convencional. Velocidad = 220 km/h

Ficha 11 de la U.I.C. 779-11.

En el Cuadro adjunto se presentan los resultados obtenidos.

TÚNEL	
Long túnel (m)	1105
Long tren (m)	200
L tun / L tr	5.53

Variación máxima de presión en 4s (kPa)	2
Velocidad (km/h)	220
B= S tren / S túnel	0,120
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	83,33

3.3.2.4. Resumen de resultados

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los resultados de los cálculos realizados en los apartados anteriores:

VELOCIDAD DE DISEÑO	LONGITUD (m)	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 1	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 2	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 3	SECCIÓN (m²) CÁLCULO
250 km/h	1105m	75	83,33	83,33	83,33

3.3.3. Túnel Alternativa 4.3 (P.K. 13+465-P.K. 14+115)

El túnel tiene una sección tipo monotubo de vía doble y una longitud total de 650 m.

Siguiendo la metodología expuesta anteriormente, se obtienen las secciones libres mínimas para cada criterio para la velocidad de diseño de 250 km/h.

3.3.3.1. Criterio 1

Se realiza la comprobación del criterio de salud considerando una máxima diferencia de presión de 10 kPa a lo largo del recorrido del tren por el túnel.

Se considera el cruce de dos trenes de alta velocidad carenados no estancos, con el decalaje pésimo, a la mayor velocidad que permita el trazado, para longitudes de tren de 100, 200 y 400 metros y sección del tren de 12 m2 (dos pisos).

Los siguientes cuadros reproducen las tablas de la publicación “Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros”, que corresponden a túneles de vía doble.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	117
500	< 75	< 75	94	118
1.000	< 75	< 75	80	100
1.500	< 75	< 75	< 75	98

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
2.000	< 75	< 75	< 75	98
3.500		< 75	< 75	93
5.000		< 75	< 75	91
7.500		< 75	< 75	80
10.000		< 75	< 75	75

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 100 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	80
500	< 75	75	104	133
1.000	< 75	75	102	122
1.500	< 75	< 75	89	120
2.000	< 75	< 75	86	109
3.500	< 75	< 75	77	109
5.000	< 75	< 75	75	107
7.500	< 75	< 75	75	100
10.000	< 75	< 75	< 75	96

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 200 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200		< 75	< 75	81
500	< 75	< 75	80	94
1.000	< 75	77	111	150
1.500	< 75	86	120	155
2.000	< 75	85	118	159
3.500	< 75	83	104	131
5.000	< 75	82	95	126
7.500	< 75	76	94	123

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
10.000	< 75	< 75	92	117

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 400 m.

Conforme a lo anterior se presenta el siguiente cuadro con los resultados obtenidos para las diferentes velocidades del estudio.

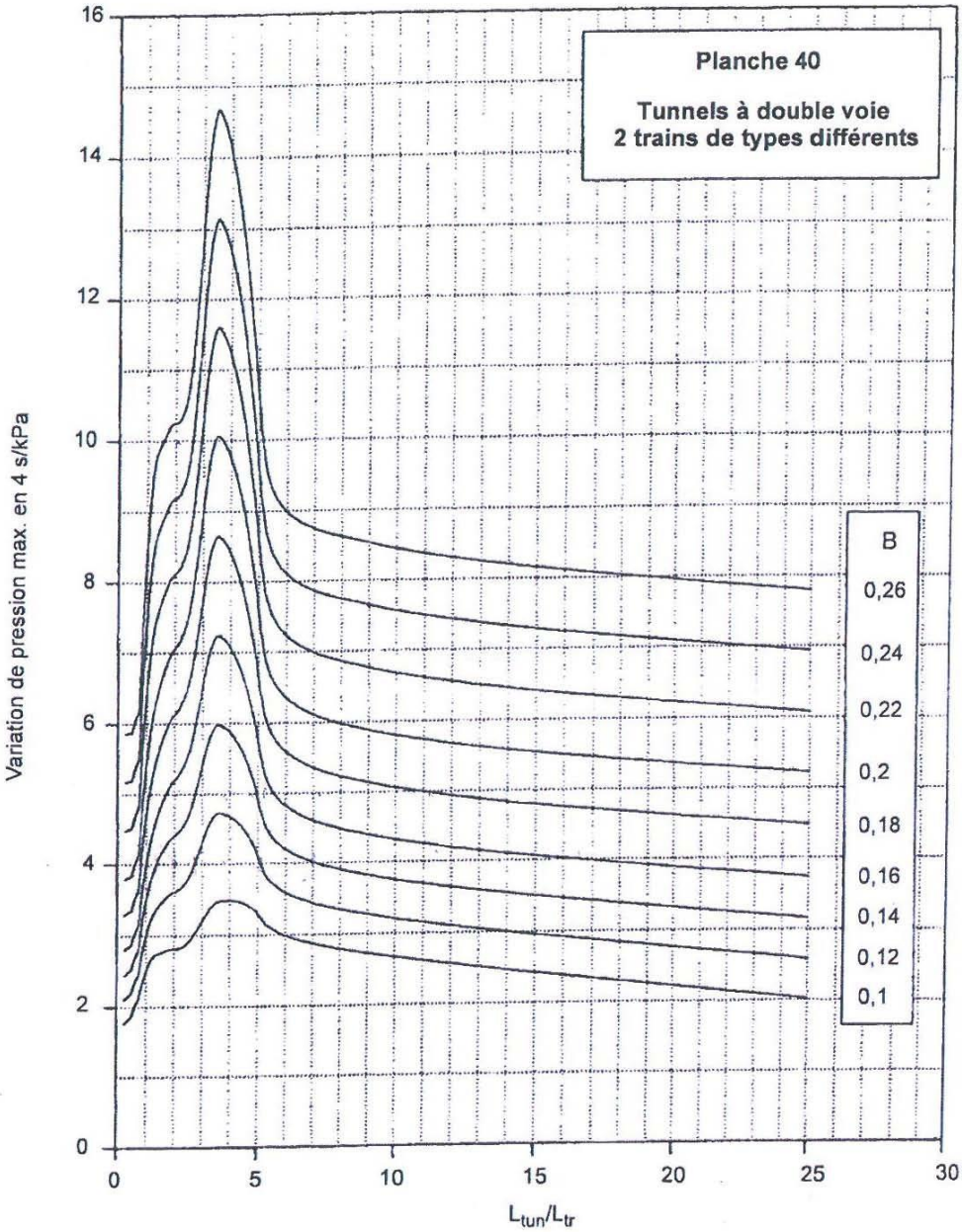
VELOCIDAD	LONGITUD (m)	SECCIÓN SEGÚN CRITERIO DE SALUD (m ²)		
		100	200	400
250 km/h	650	75	75	75

3.3.3.2. Criterio 2

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 4 kPa.

Se considera el cruce de un tren de alta velocidad carenado y estanco a 250 km/h y otro convencional no estanco con el decalaje pésimo a 220 km/h, para longitud de tren de 200 metros y sección de 10 m².

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la Figura 40 de la ficha 779–11 de U.I.C.



Ficha 40 de la U.I.C. 779-11

Se deduce entonces que la sección para cada velocidad de diseño:

VELOCIDAD 250 km/h	
Long túnel (m)	650
Long tren (m)	200
L tun / L tr	3.25

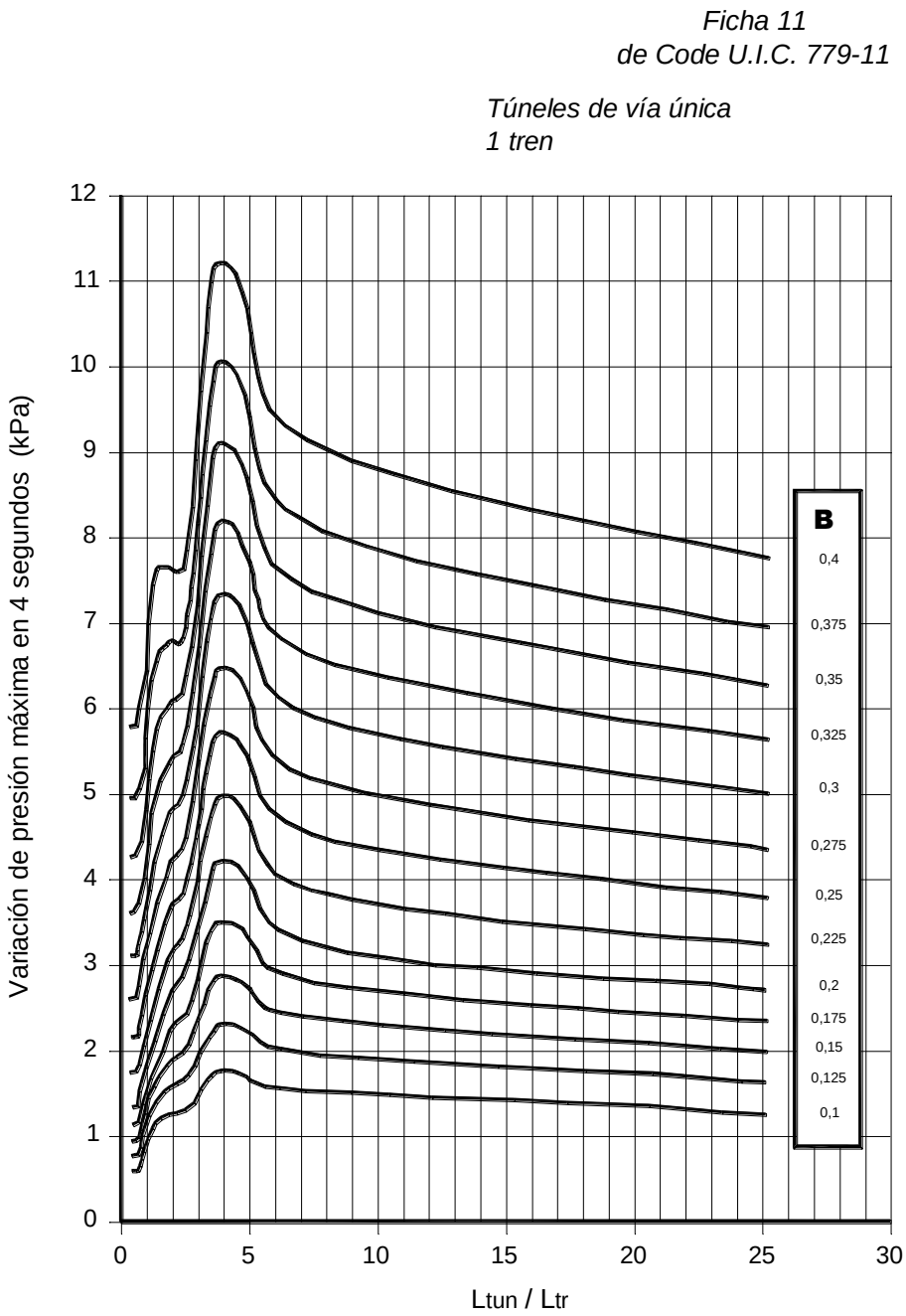
Variación máxima de presión en 4s (kPa)	4
Velocidad V1 (km/h)	220
Velocidad V2 (km/h)	250
B= S tren / S túnel	0,12
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	83.33

3.3.3.3. Criterio 3

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 2 kPa.

Se considera un solo tren de tipo convencional moderno no estanco circulando por el túnel a su velocidad máxima (220 km/h), para longitud de tren de 200 metros y sección de tren de 10 m².

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la fichas 779 – 11 de U.I.C. número 11.



Tren moderno convencional. Velocidad = 220 km/h

Ficha 11 de la U.I.C. 779-11.

En el Cuadro adjunto se presentan los resultados obtenidos.

TÚNEL	
Long túnel (m)	650
Long tren (m)	200
L tun / L tr	3.25

Variación máxima de presión en 4s (kPa)	2,0
Velocidad (km/h)	220
B= S tren / S túnel	0,125
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	80.0

3.3.3.4. Resumen de resultados

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los resultados de los cálculos realizados en los apartados anteriores:

VELOCIDAD DE DISEÑO	LONGITUD (m)	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 1	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 2	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 3	SECCIÓN (m²) CÁLCULO
250 km/h	650	75	83.33	80.0	83,33

3.3.4. Túnel Alternativas 5.1 y 5.2 (P.K. 10+530-P.K. 22+290)

El túnel tiene una sección tipo monotubo de vía doble y una longitud total de 1345 m.

Siguiendo la metodología expuesta anteriormente, se obtienen las secciones libres mínimas para cada criterio para la velocidad de diseño de 250 km/h.

3.3.4.1. Criterio 1

Se realiza la comprobación del criterio de salud considerando una máxima diferencia de presión de 10 kPa a lo largo del recorrido del tren por el túnel.

Se considera el cruce de dos trenes de alta velocidad carenados no estancos, con el decalaje pé-simo, a la mayor velocidad que permita el trazado, para longitudes de tren de 100, 200 y 400 me-tros y sección del tren de 12 m2 (dos pisos).

Los siguientes cuadros reproducen las tablas de la publicación “Recomendaciones para dimensio-nar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros”, que corresponden a túneles de vía doble.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	117
500	< 75	< 75	94	118
1.000	< 75	< 75	80	100
1.500	< 75	< 75	< 75	98
2.000	< 75	< 75	< 75	98

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
3.500		< 75	< 75	93
5.000		< 75	< 75	91
7.500		< 75	< 75	80
10.000		< 75	< 75	75

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 100 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	80
500	< 75	75	104	133
1.000	< 75	75	102	122
1.500	< 75	< 75	89	120
2.000	< 75	< 75	86	109
3.500	< 75	< 75	77	109
5.000	< 75	< 75	75	107
7.500	< 75	< 75	75	100
10.000	< 75	< 75	< 75	96

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 200 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200		< 75	< 75	81
500	< 75	< 75	80	94
1.000	< 75	77	111	150
1.500	< 75	86	120	155
2.000	< 75	85	118	159
3.500	< 75	83	104	131
5.000	< 75	82	95	126
7.500	< 75	76	94	123
10.000	< 75	< 75	92	117

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 400 m.

Conforme a lo anterior se presenta el siguiente cuadro con los resultados obtenidos para las diferentes velocidades del estudio.

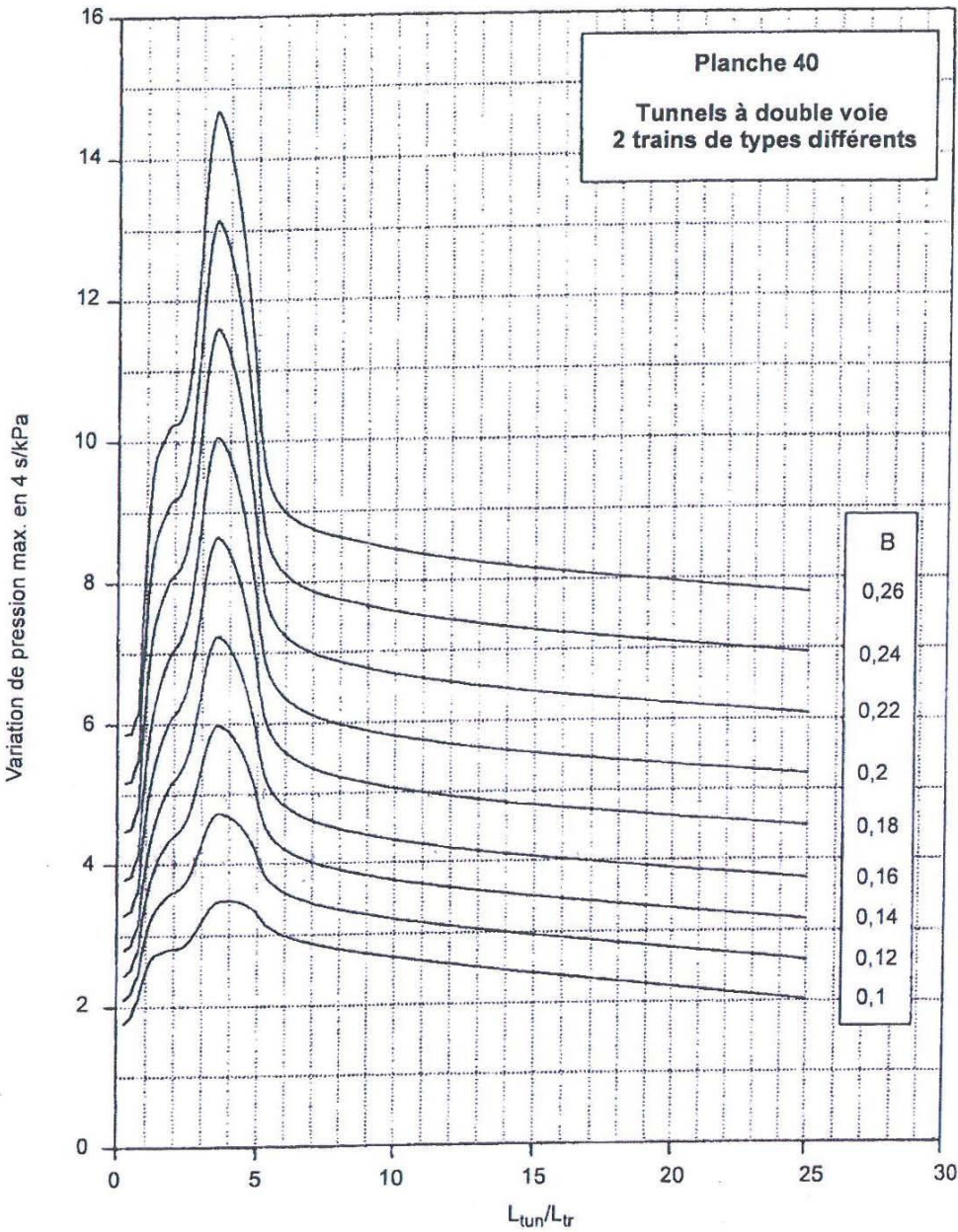
VELOCIDAD	LONGITUD (m)	SECCIÓN SEGÚN CRITERIO DE SALUD (m ²)		
		100	200	400
250 km/h	1345	75	75	75

3.3.4.2. Criterio 2

Se considera la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 4 kPa.

Se considera el cruce de tren de alta velocidad carenado y estanco a 250 km/h y otro convencional no estanco con el decalaje pésimo a 220 km/h, para longitud de tren de 200 metros y sección de 10 m².

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la Figura 40 de las fichas 779–11 de U.I.C.



Ficha 40 de la U.I.C. 779-11

Se deduce entonces que la sección para cada velocidad de diseño:

VELOCIDAD 350 km/h	
Long túnel (m)	1345
Long tren (m)	200
L tun / L tr	6.73

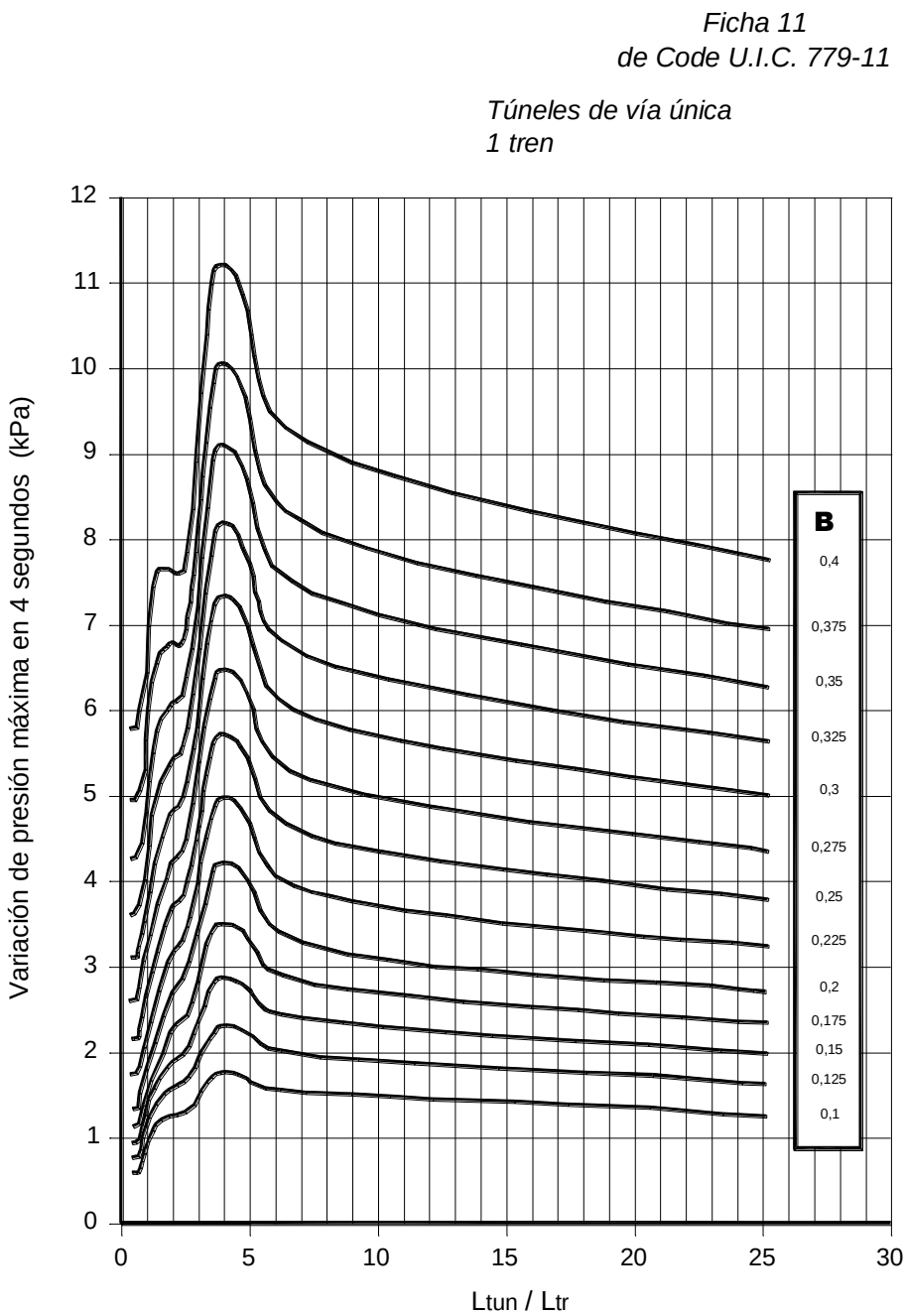
Variación máxima de presión en 4s (kPa)	4
Velocidad V1 (km/h)	220
Velocidad V2 (km/h)	250
B= S tren / S túnel	0,14
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	71.43

3.3.4.3. Criterio 3

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 2 kPa.

Se considera un solo tren de tipo convencional moderno no estanco circulando por el túnel a su velocidad máxima (220 km/h), para longitud de tren de 200 metros y sección de tren de 10 m2.

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la ficha 11 de la UIC 779 – 11.



Tren moderno convencional. Velocidad = 220 km/h

Ficha 11 de la U.I.C. 779-11.

En el Cuadro adjunto se presentan los resultados obtenidos.

TÚNEL	
Long túnel (m)	1345
Long tren (m)	200
L tun / L tr	6.73

Variación máxima de presión en 4s (kPa)	2
Velocidad (km/h)	220
B= S tren / S túnel	0.125
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	80

3.3.4.4. Resumen de resultados

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los resultados de los cálculos realizados en los apartados anteriores:

VELOCIDAD DE DISEÑO	LONGITUD (m)	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 1	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 2	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 3	SECCIÓN (m²) CÁLCULO
250 km/h	1345	75	71.43	80	80

3.3.5. Túnel Alternativas 7.1 y 7.2 (P.K. 10+700-P.K. 17+430)

El túnel tiene una sección tipo monotubo de vía doble y una longitud total de 6730 m.

Siguiendo la metodología expuesta anteriormente, se obtienen las secciones libres mínimas para cada criterio para la velocidad de diseño de 250 km/h.

3.3.5.1. Criterio 1

Se realiza la comprobación del criterio de salud considerando una máxima diferencia de presión de 10 kPa a lo largo del recorrido del tren por el túnel.

Se considera el cruce de dos trenes de alta velocidad carenados no estancos, con el decalaje pésimo, a la mayor velocidad que permita el trazado, para longitudes de tren de 100, 200 y 400 metros y sección del tren de 12 m² (dos pisos).

Los siguientes cuadros reproducen las tablas de la publicación “Recomendaciones para dimensionar túneles ferroviarios por efectos aerodinámicos de presión sobre viajeros”, que corresponden a túneles de vía doble.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para $Dp(T) \leq 10$ kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	117
500	< 75	< 75	94	118
1.000	< 75	< 75	80	100
1.500	< 75	< 75	< 75	98
2.000	< 75	< 75	< 75	98

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para $Dp(T) \leq 10$ kPa a distintas velocidades			
	V=250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
3.500	< 75	< 75	< 75	93
5.000		< 75	< 75	91
7.500		< 75	< 75	80
10.000		< 75	< 75	75

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 100 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m²) para $Dp(T) \leq 10$ kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200	< 75	< 75	< 75	80
500	< 75	75	104	133
1.000	< 75	75	102	122
1.500	< 75	< 75	89	120
2.000	< 75	< 75	86	109
3.500	< 75	< 75	77	109
5.000	< 75	< 75	75	107
7.500	< 75	< 75	75	100
10.000	< 75	< 75	< 75	96

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 200 m.

Longitud del túnel (m)	Sección mínima de túnel (m ²) para Dp(T) ≤ 10 kPa a distintas velocidades			
	V= 250 km/h	V= 300 km/h	V= 350 km/h	V= 400 km/h
200		< 75	< 75	81
500	< 75	< 75	80	94
1.000	< 75	77	111	150
1.500	< 75	86	120	155
2.000	< 75	85	118	159
3.500	< 75	83	104	131
5.000	< 75	82	95	126
7.500	< 75	76	94	123
10.000	< 75	< 75	92	117

Sección mínima según criterio de salud. Longitud tren: 400 m.

Conforme a lo anterior se presenta el siguiente cuadro con los resultados obtenidos para las diferentes velocidades del estudio.

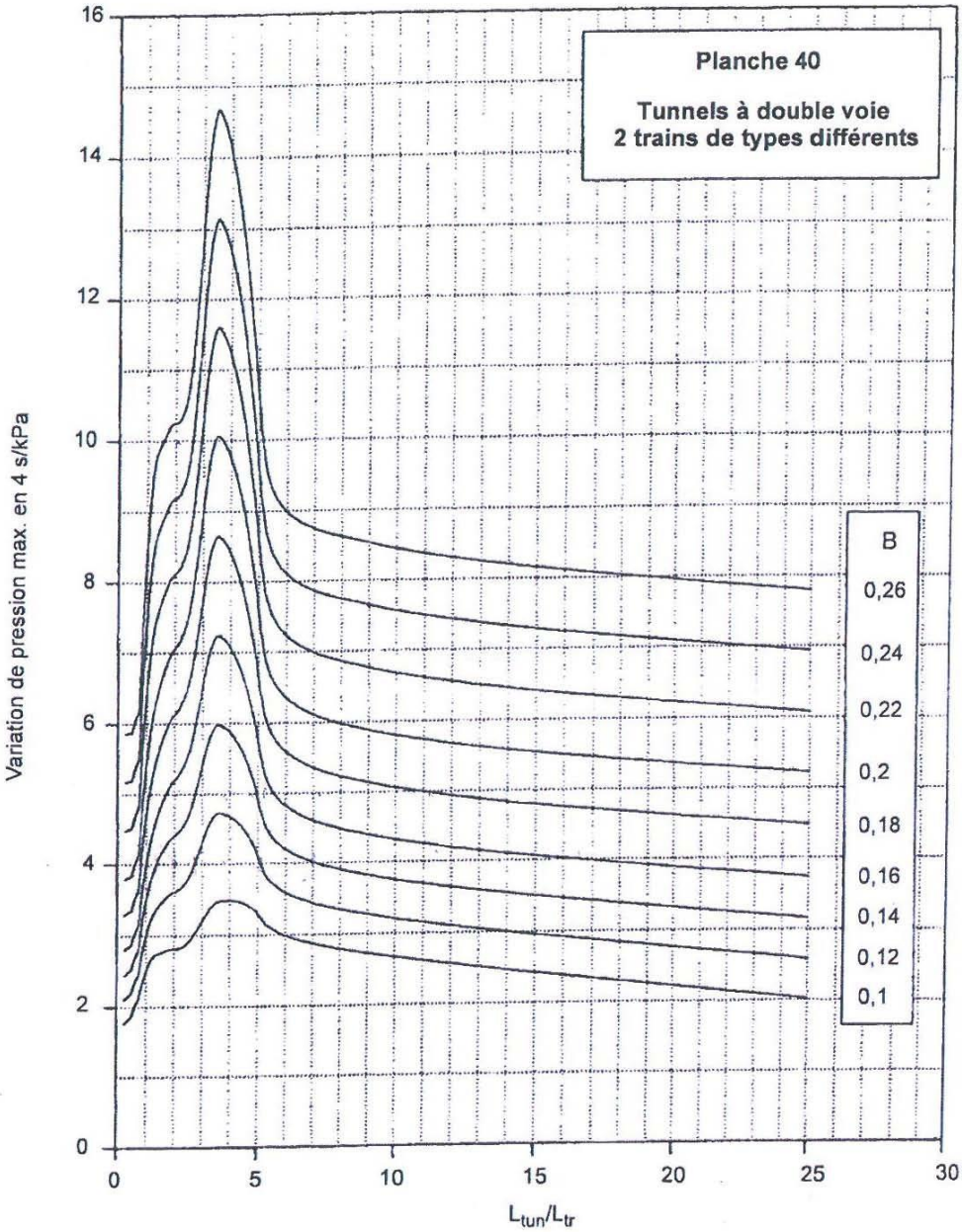
VELOCIDAD	LONGITUD (m)	SECCIÓN SEGÚN CRITERIO DE SALUD (m ²)		
		100	200	400
250 km/h	6730		75	75

3.3.5.2. Criterio 2

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 4 kPa.

Se considera el cruce de un tren de alta velocidad carenado y estanco a 250 km/h y otro convencional no estanco con el decalaje pésimo a 220 km/h, para longitud de tren de 200 metros y sección de 10 m².

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la Figura 40 de las fichas 779–11 de U.I.C.



Ficha 40 de la U.I.C. 779-11

Se deduce entonces que la sección para cada velocidad de diseño:

VELOCIDAD 250 km/h	
Long túnel (m)	6730
Long tren (m)	200
L tun / L tr	33.65

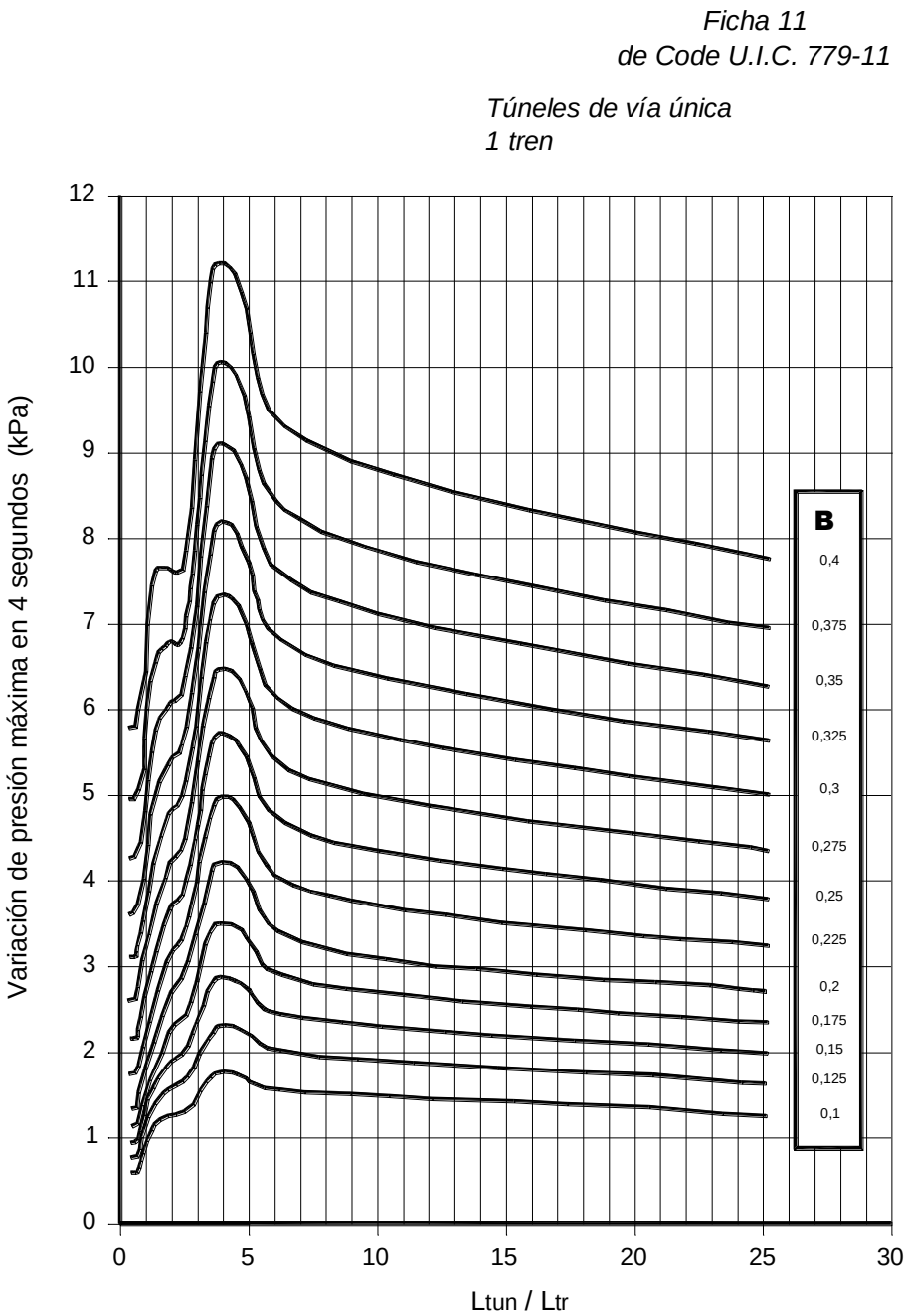
Variación máxima de presión en 4s (kPa)	4
Velocidad V1 (km/h)	220
Velocidad V2 (km/h)	250
B= S tren / S túnel	0,17
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	58.90

3.3.5.3. Criterio 3

Se realiza la comprobación del criterio de confort con máxima diferencia de presión, en 4 segundos, igual o inferior a 2 kPa.

Se considera un solo tren de tipo convencional moderno no estanco circulando por el túnel a su velocidad máxima (220 km/h), para longitud de tren de 200 metros y sección de tren de 10 m2.

El valor de B (S tr / S tun) se obtiene entrando en la fichas 779 – 11 de U.I.C. número 11.



Tren moderno convencional. Velocidad = 220 km/h

Ficha 11 de la U.I.C. 779-11.

En el Cuadro adjunto se presentan los resultados obtenidos.

TÚNEL	
Long túnel (m)	6730
Long tren (m)	200
L tun / L tr	2,55

Variación máxima de presión en 4s (kPa)	2
Velocidad (km/h)	220
B= S tren / S túnel	0,15
Sección tren (m²)	10,0
Sección túnel (m²)	66,67

3.3.5.4. Resumen de resultados

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los resultados de los cálculos realizados en los apartados anteriores:

VELOCIDAD DE DISEÑO	LONGITUD (m)	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 1	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 2	SECCIÓN (m²) SEGÚN CRITERIO 3	SECCIÓN (m²) CÁLCULO
250 km/h	510m	75	58,90	66,67	75,00

3.4. CONCLUSIONES

Se incluye un cuadro resumen que recoge los resultados obtenidos en el cálculo de la sección libre de cada túnel del Estudio.

En cuanto a las medidas de seguridad se han seguido las indicaciones del Reglamento (UE) nº 1303/2014 de la Comisión, de 18 de noviembre de 2014, sobre la ETI relativa a la «seguridad en los túneles ferroviarios» del sistema ferroviario de la UE.

Así, como todos los túneles tienen longitud inferior a 7.000 m la sección empleada para todos los túneles estudiados es una sección monotubo de vía doble.

Se dispondrán salidas de emergencia en los túneles cuya longitud sea superior a 1.000 m cumpliendo en todo momento que la separación máxima entre salidas sea 1.000 m.

Se dispondrán áreas seguras exteriores de al menos 500 m2 de superficie en las salidas de los túneles a las que se llegará por una ruta de evacuación.

TRAMO	ALTERNATIVA	TIPOLOGIA	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	ÁREA DE LA SECCIÓN LIBRE CALCULADA (M2)	SALIDAS DE EMERGENCIA
4	4.1	Túnel de vía doble	14+600	15+645	1045	83,33	SI
	4.2	Túnel de vía doble	14+335	15+440	1105	83,33	SI
	4.3	Túnel de vía doble	13+465	14+115	650	83,33	NO
5	5.1	Túnel de vía doble	7+975	9+320	1345	80.00	SI

TRAMO	ALTERNATIVA	TIPOLOGIA	PK INICIO	PK FINAL	LONGITUD (m)	ÁREA DE LA SECCIÓN LIBRE CALCULADA (M2)	SALIDAS DE EMERGENCIA
7	5.2	Túnel de vía doble	7+975	9+320	1345	80.00	SI
	7.1	Túnel de vía doble	10+700	17+430	6730	75.00	SI
	7.2	Túnel de vía doble	10+700	17+430	6730	75.00	SI