

ANEJO Nº 7

ESTRUCTURAS

ÍNDICE

1. INTRODUCCION.....	1		
2. DESCRIPCION GENERAL	1		
2.1. CAPÍTULOS ESTRUCTURALES	1		
2.2. ALTERNATIVA 1. MOREDA.....	2		
2.1. ALTERNATIVA 2. MUSEO.....	3		
2.2. TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES	4		
2.3. PROCESOS CONSTRUCTIVOS GENERALES	4		
3. CONDICIONANTES.....	5		
4. ZONA COMUN INICIAL.....	5		
4.1. TRAMOS INICIALES DE UNA O DOS VÍAS.....	5		
4.2. TRAMOS CON PLATAFORMAS COMPUESTAS POR MÁS DE DOS VÍAS	6		
5. ALTERNATIVA 1. MOREDA	7		
5.1. CUBIERTA Y ESTACIÓN LR-RAM.....	7		
5.2. ESTACIÓN DE CERCANÍAS Y PROLONGACIÓN HASTA POZO DE EXTRACCIÓN.....	8		
6. ALTERNATIVA 2. MUSEO	9		
6.1. CUBIERTA Y ESTACIÓN LR-RAM.....	9		
6.2. ESTACIÓN DE CERCANÍAS	9		
7. OTROS ELEMENTOS.....	11		
7.1. EDIFICIO DE VIAJEROS	11		
7.2. APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO.....	11		
7.2.1. Moreda.....	11		
7.2.2. Museo.....	11		
7.3. ADECUACIÓN PASO SUPERIOR PRÍNCIPE DE ASTURIAS	12		
8. BASES DE CÁLCULO	13		
8.1. NORMATIVA	13		
8.2. MATERIALES	13		
8.2.1. Acero pasivo.....	14		
8.2.2. Acero activo.....	14		
8.3. NIVELES DE CONTROL.....	14		
8.3.1. Control de materiales	14		
8.3.2. Control de la ejecución.....	14		
8.3.3. Niveles de control establecidos.	14		
2.6.3. COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LA RESISTENCIA	15		
9. BASES DE PROYECTO.....	15		
9.1. CRITERIOS DE SEGURIDD	15		
9.1.1. Estados Límites de Servicio (E.L.S.)	15		
9.1.2. Estados límites últimos (E.L.U.).....	15		
9.1.3. Valores característicos de las acciones.....	15		
9.1.4. Valores representativos de las acciones	21		
9.1.5. Valores de cálculo de las acciones.....	21		
9.1.6. Combinación de acciones.....	22		
9.2. CRITERIOS DE DURABILIDAD	24		

9.2.1. Generalidades.....24

9.2.2. Elementos de hormigón24

1. INTRODUCCION

En el presente anejo se plantean las tipologías estructurales contempladas para análisis de las dos alternativas para la construcción de la Estación Intermodal en la zona de Moreda:

- Alternativa 1. Solución Moreda: Estación Intermodal situada en Moreda, a la altura de la Avenida Carlos Marx.
- Alternativa 2. Solución Museo: Estación Intermodal situada en el entorno del Museo del Ferrocarril.

2. DESCRIPCION GENERAL

2.1. CAPÍTULOS ESTRUCTURALES

De cara a las tramificaciones y valoraciones descritas en el presente estudio se dividen en los siguientes capítulos para cada una de las dos alternativas planteadas:

- Estación de largo recorrido y Red de Ancho Métrico (LR+RAM) en nivel constructivo -1. La longitud de la estación es de unos 465m, y un ancho total de unos 50m. En esta actuación se considera, además de los andenes, todas las pantallas, soleras, contrabóvedas y losas necesarias para que el ferrocarril llegue a la estación, desde el momento que el trazado empieza a profundizar desde el terreno actual.
- Estación de Cercanías (CC). Situada en nivel constructivo -2, por debajo de la estación de LR-RAM, con una longitud de andenes de 110m, con un ancho de unos 20m. Se consideran dentro de este apartado, además de los propios andenes, todo el falso túnel de cercanías, sus pantallas, losas de fondo, contrabóvedas, losas de cubierta y estampidores, hasta el final del trazado y conexión con el pozo de extracción.
- Edificio de Viajeros. Se trata de un edificio sobre rasante, con una planta de unos 1865m² que se encuentra al final de la estación de LR-RAM y previo a la situación del aparcamiento subterráneo, y cuenta con núcleo de conexión al aparcamiento y a la estación de CC.
- Cubierta de Estación. Se contempla en las valoraciones independientemente la cubierta de los falsos túneles que cubre los andenes de la estación a nivel -1. Desde el punto de vista de la tipología estructural, formará parte de la estación de LR por lo que en adelante lo describiremos en conjunto.
- Aparcamiento subterráneo. Se trata de una construcción subterránea con una serie de niveles para albergar aparcamientos. El último nivel es la losa de cubierta.

- Prolongación de cubierta vías y accesos a la estación. En esta parte se incluye la cubierta a realizar desde el inicio del trazado hasta el comienzo de la estación de LR. En la parte inferior se disponen pantallas de pilotes y muros recrecidos que soportarán la cubierta. El coste de estas pantallas se repercute a la prolongación cuando su ejecución no es necesaria para la formación de la trinchera o desnivel de plataforma respecto al terreno, sino que se ejecutan únicamente para el recrecido y soterramiento posterior.
- Adecuación Paso Superior Príncipe de Asturias. En realidad, forma parte de la prolongación de la cubierta pues se encuentra dentro del mismos tramos, pero por su particular tipología estructural se menciona en apartado independiente.

La principal diferencia entre las soluciones radica en la ubicación de las estaciones y la profundidad del trazado de cercanías. Describimos a continuación con carácter general cada una de las alternativas.

En ambas soluciones después de la estación de LR-RAM, el túnel de CC se prolonga hasta conectar con el pozo de extracción. Desde el punto en que finaliza la estación de cercanías hasta el final de la actuación en el pozo de extracción existente, hay un tramo de túnel entre pantallas que dependiendo de la solución presenta distintas características, que se describirán más adelante.

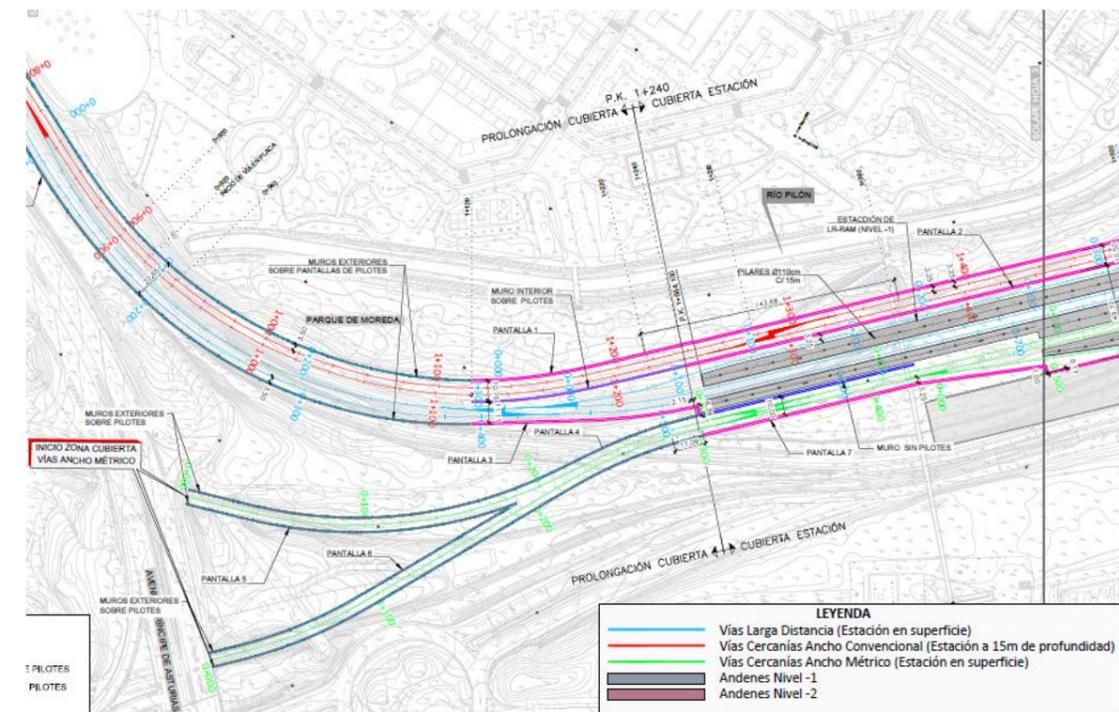
El PPKK que se toma como referencia para las descripciones es el correspondiente al eje 13 (cercanías vía derecha)

2.2. ALTERNATIVA 1. MOREDA

Para la solución Moreda la estación de LR-RAM está situada prácticamente en superficie. La estación comienza aprox en el PPKK 1+240

El túnel de CC discurre en paralelo a la estación, compartiendo con la misma una de sus pantallas divisorias para salvar el desnivel, pues el túnel irá más profundo. La estación de CC se encuentra y discurre adyacente a la estación de largo recorrido, comenzando aprox. en el PPKK 1+680

El edificio de viajeros se sitúa al final de la estación de LR-RAM, y tras el mismo aparece el aparcamiento subterráneo con la cubierta a nivel de suelo actual. El túnel de CC se ensancha para formar la estación de cercanías aproximadamente a la altura del edificio de viajeros y una vez finalizada la estación se prolonga hasta el final del trazado.



2.2. TIPOLOGÍAS ESTRUCTURALES

La mayoría de los elementos estructurales contemplados en todos los capítulos son los propios de obras civiles mediante túneles entre pantallas o falso túneles (FT)

Se disponen las pantallas de contención lateral que conformarán los muros al amparo de los que habrá de excavarse el falso túnel.

Las pantallas se han previsto permeables, mediante pilotes, en las zonas donde no es previsible que la cota de excavación alcance el Nivel freático, para limitar las infiltraciones y posteriores afluencias de humedades. Una vez que superamos con la excavación dichas cotas, se procede a disponer pantallas continuas por bataches.

Sobre las pantallas se dispondrán muros recrecidos en caso de que deban elevarse los niveles por encima del terreno y se cierran superiormente con losas.

Las losas se encofrarán sobre el terreno si toda la sección ese sitúa bajo la cota del terreno actual, y se cimbrará en caso de que haya de elevarse sobre el mismo.

En los apartados siguientes pasaremos a describir más detalladamente los sistemas constructivos previstos en cada zona y en cada alternativa.

2.3. PROCESOS CONSTRUCTIVOS GENERALES

Se distinguen dos procesos constructivos principales en función de la profundidad.

- Construcción ascendente. Se empleará esta solución cuando el nivel de la losa quede elevado respecto al terreno existente. Consisten en la ejecución de pantallas y excavación entre pantallas hasta la cota de máxima excavación o cimientos, ejecución del cimiento o losa de fondo, y recrecido mediante pilares o muros hasta la cota de la losa de cubierta. Finalmente se cimbra la losa de cubierta sobre la excavación y se procede a su ejecución.
- Construcción descendente (“top-Down”). Fundamentalmente empleada para los recintos en los que la losa de cubierta queda enrasada con el terreno. Se ejecutan las pantallas y a continuación la losa de cubierta encofrada sobre el terreno. Se procede a excavar el siguiente nivel bajo la losa y entre las pantallas, hasta alcanzar el nivel de estampidor siguiente, donde se repite el proceso de ejecución del nivel sobre la cota del terreno y su posterior excavación. Se procede así hasta la cota de fondo de excavación, que se tapona con la contrabóveda o losa de fondo correspondiente.

3. CONDICIONANTES

Se cuanta con los siguientes condicionantes que habrán de tenerse en cuenta en los diseños:

- La continuidad del tráfico en la Avenida Príncipe de Asturias
- Zona urbana o periurbana con urbanización en fase futura.
- El galibo vertical entre la estructura y la CCC será de al menos 6.5m
- El galibo horizontal contemplado de eje de ejes a caras de muros de falso túnel entre pantallas será de al menos 3,25m.

Además, según geotecnia previa en proyectos realizados en la zona.

- La existencia de un nivel freático elevado a 2,5-3m sobre el nivel del mar,
- La dificultad de excavación y sostenimiento de las pareces, por la existencia de rellenos superiores seguidos de una alternancia de capas duras y blandas.

4. ZONA COMUN INICIAL

Este apartado describe la prolongación de las cubiertas desde la losa de la estación hasta el inicio del estudio que es similar en ambos casos, si bien las longitudes son distintas ya que la posición de la estación de LR-RAM cambia entre soluciones. Ya que las tipologías estructurales son similares, se agrupan en este capítulo.

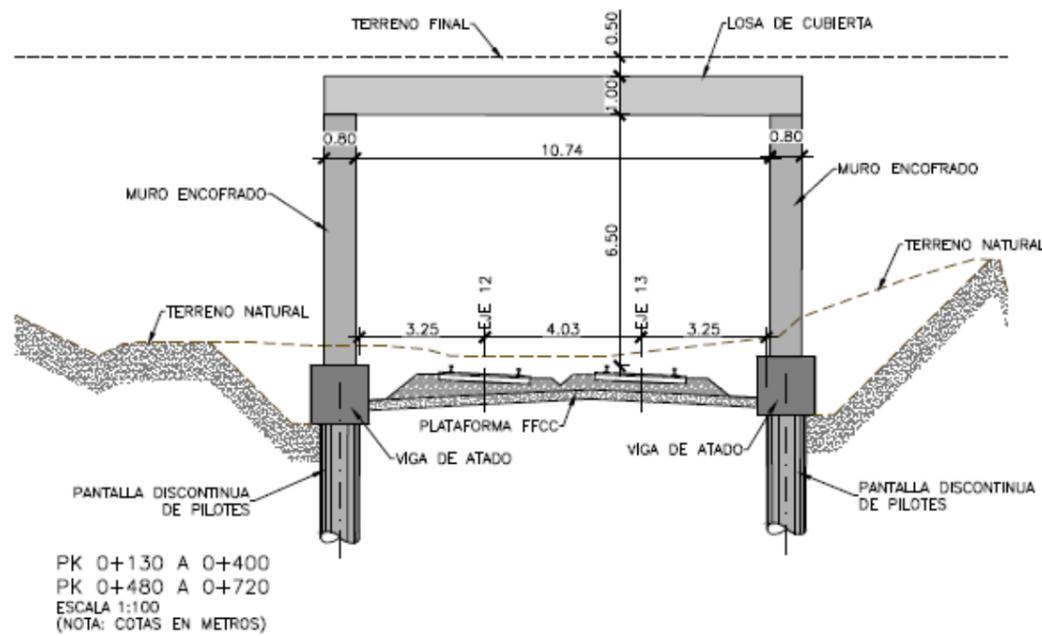
4.1. TRAMOS INICIALES DE UNA O DOS VÍAS

Tratamos aquí el tramo previo a la estación de largo recorrido, que contempla la prolongación de la cubierta y las pantallas de acceso a la estación.

La prolongación de la cubierta se sitúa desde el inicio del trazado hasta que comienza la estación de LR-RAM en cada caso. En el inicio la cubierta o tapa se aplica en vías por separado, hasta que se van juntando.

Evidentemente en cada uno de los trazados las longitudes son ligeramente distintas, pero la filosofía y sistema constructivo será similar, por lo que aquí se agrupa la descripción.

Inicialmente se disponen pantallas de pilotes a los lados de los trazados de las vías de CC, LR y RAM para permitir la excavación del desnivel que irá produciéndose al bajar la rasante desde superficie. Sobre estas pantallas de pilotes se disponen vigas de atado en las que se cimentan los muros encofrados que habrán de recrecerse hasta la cota de la tapa o cubierta, que mantendrá el galibo prescrito de 6,5m a CCC en cada caso.

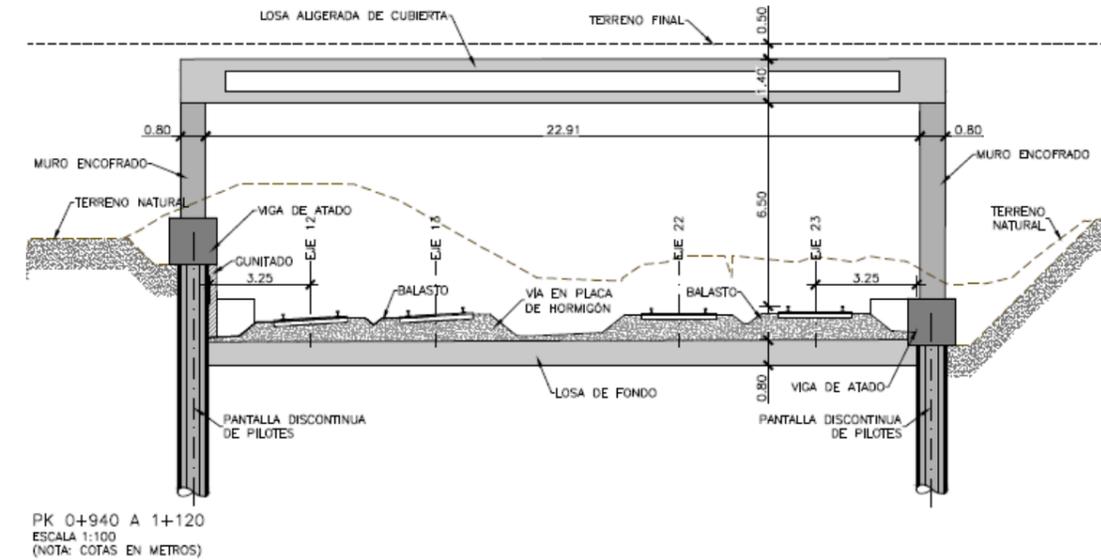


Sección tipo para Moreda y Museo. Dos vías

Sobre estos muros se apoya la losa de cubierta que se cimbrará desde el fondo de la excavación. La losa se ha previsto para un futuro soterramiento de todo el trazado.

A partir del cruce con el Río Pílon en PK 1+100 se dispone losa de fondo y vía en placa.

En las zonas donde las vías de LR y CC se van separando se unifican los recintos dejando únicamente pantallas a los lados y aumentando la luz de las losas de cubierta.

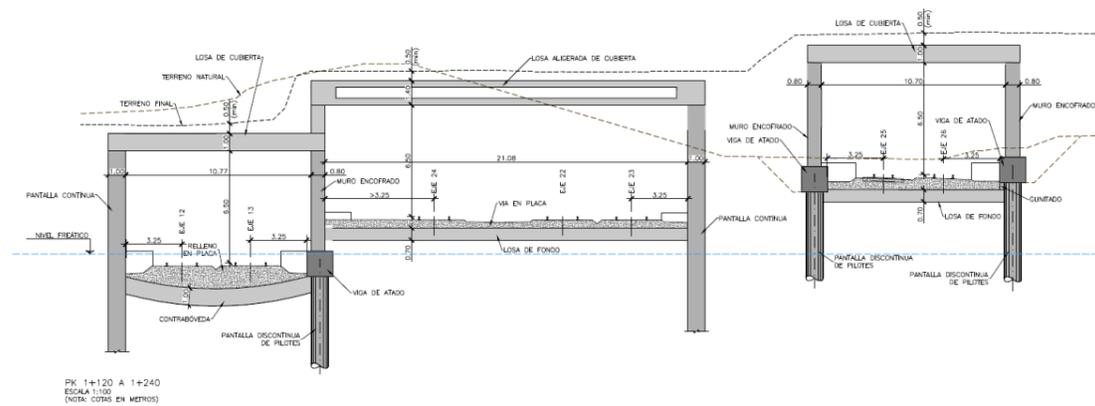


Sección tipo para Moreda y Museo. Cuatro vías

4.2. TRAMOS CON PLATAFORMAS COMPUESTAS POR MÁS DE DOS VÍAS

Donde las vías de LR y CC se van juntando con las de RAM antes de llegar a la estación se habrá de unificar los recintos de túnel entre pantallas, disponiendo pantallas únicamente a los bordes y losas de cubierta de mayor luz (aligeradas o postesadas). Serán precisos apoyos intermedios mediante pantallas de pilotes y muros o filas de pilares.

Cuando la excavación alcanza la cota del NF, que viene ser en el PPKK 1+120 en ambas alternativas, las pantallas exteriores se cambian a pantallas continuas para cortar la afluencia de agua al recinto.



Seccion tipo para Moreda y Museo. Via unica

El sistema constructivo para los recintos elevados sobre el terreno será mediante excavación hasta fondo en cada recinto, recrecido de muros y cimbrado de la losa superior.

Para el volumen del túnel de cercanías, que a losa se ha de situar siempre a nivel de terreno, resulta conveniente recurrir al sistema “top-down” y encofrar la losa de cubierta sobre el terreno antes de proceder a excavar.

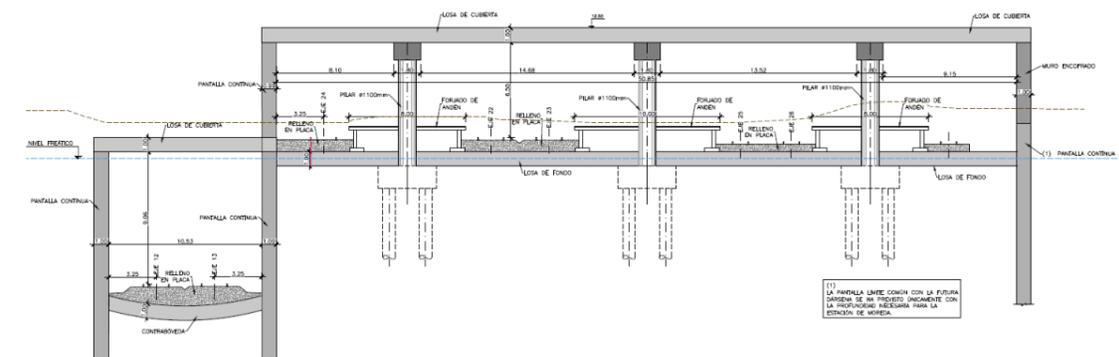
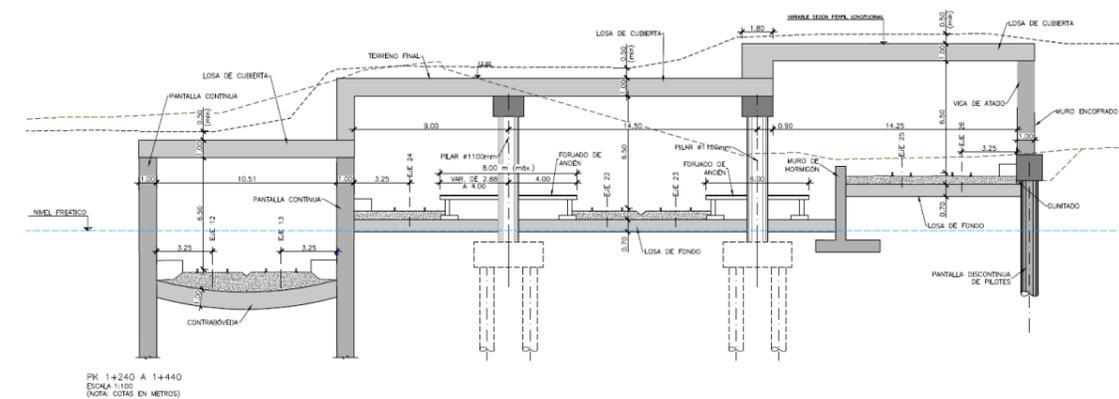
A partir de este momento las alternativas son muy distintas y se describen por separado en los siguientes apartados

5. ALTERNATIVA 1. MOREDA

5.1. CUBIERTA Y ESTACIÓN LR-RAM

En este caso el túnel de cercanías se ha de situar siempre paralelo a la estación de LR-RAM, pero a una mayor profundidad.

La losa de cubierta del túnel de cercanías situado a la izquierda se ha de situar aproximadamente a la cota del terreno, por lo que para la misma contemplaremos ejecución descendiente, excavando bajo la misma una vez ejecutada.



Secciones tipo Estación LR-RAM

La losa de cubierta de la estación en cambio se sitúa por encima del terreno, por lo que se habrán de recrecer las pantallas y cimbrar la losa para su construcción

El proceso será el siguiente:

- Ejecución de pantallas
- Construcción de losa de cercanías sobre terreno previo excavación (a partir de este momento la construcción del resto del túnel de cercanías es independiente de la estación)
- Excavación del recinto de la estación hasta cota inferior de losa de fondo
- Ejecución de cimentaciones de pilares. Encofrado y hormigonado de fustes de pilares de andén.
- Cimbrado y encofrado de losa de cubierta. Ejecución de losa
- Ejecución de forjados de andenes

5.2. ESTACIÓN DE CERCANÍAS Y PROLONGACIÓN HASTA POZO DE EXTRACCIÓN

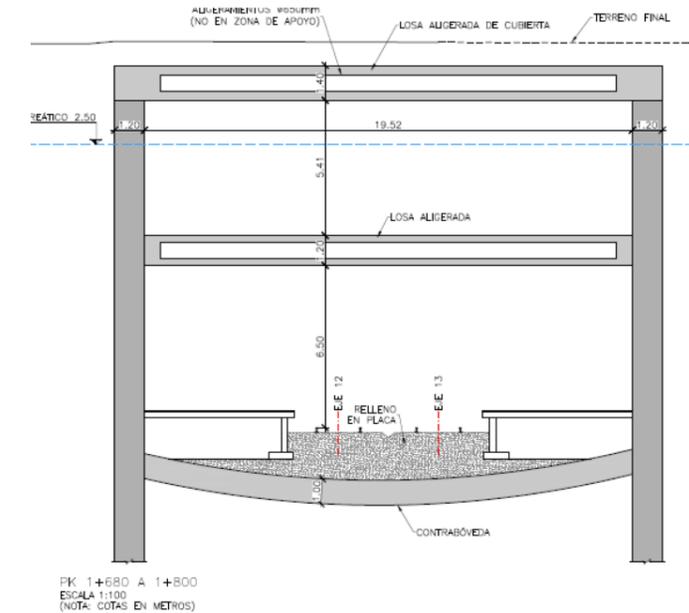
La estación de cercanías se sitúa en un nivel más profundo en el túnel de cercanías y su ejecución queda independizada de la del resto de la estación de LR al aplicarse un método descendente.

Existieran uno o varios niveles de estampidores a lo largo del túnel en función de la profundidad

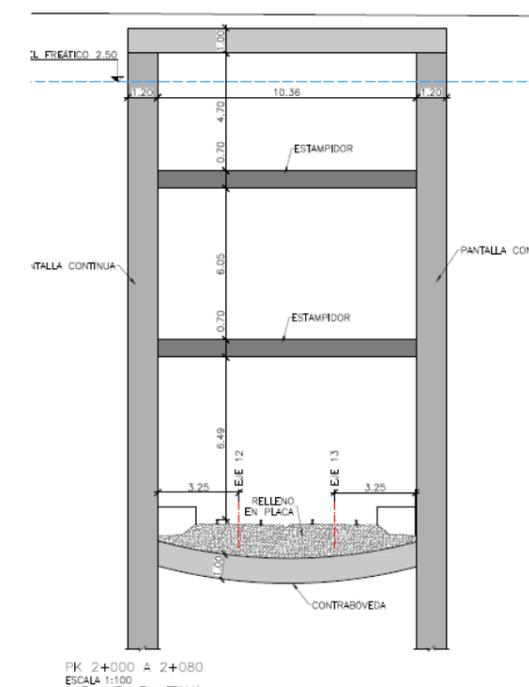
El sistema constructivo será descendente para todo el FT Se procederá de la siguiente manera

- Se ejecutará inicialmente las pantallas
- Ejecución de losa de cubierta encofrada sobre terreno
- Excavación bajo la misma hasta ir alcanzando los diferentes niveles de estampidor.
- Ejecución de estampidores encofrados sobre terreno y repetir proceso hasta cota de fondo.

- Ejecución de la contrabóvedas y rellenos sobre la misma hasta plataforma
- Construcción de forjados de andén en zona estación



Sección tipo por estación CC



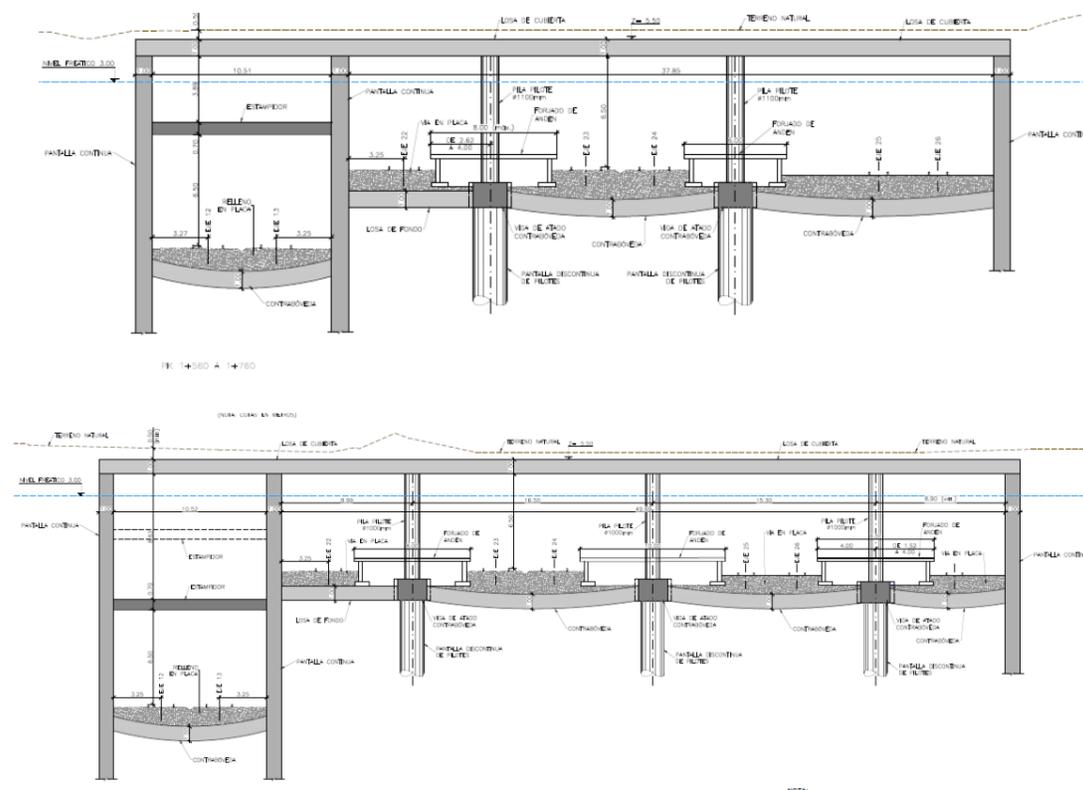
Sección tipo de prolongación CC hasta fin trazado

6. ALTERNATIVA 2. MUSEO

6.1. CUBIERTA Y ESTACIÓN LR-RAM

La estación de LR-RAM en la alternativa Museo se encuentra totalmente bajo la rasante del terreno. Por ello, el sistema más adecuado es la ejecución descendente “top-down”, de igual manera que el túnel de cercanías, cuya losa se hace coincidir en esta solución.

Como debido a la luz la losa requiere apoyos en los andenes, se habrán de prever pilas-pilote que puedan ejecutarse antes de la excavación bajo la losa, para contar con su apoyo. Las pilas pilote contarán con tramos de pilares embebidos con acabados lisos que podrán descarnarse una vez excavados, dejando el pilote por debajo del nivel no excavado.



Secciones tipo por estación de LR-RAM

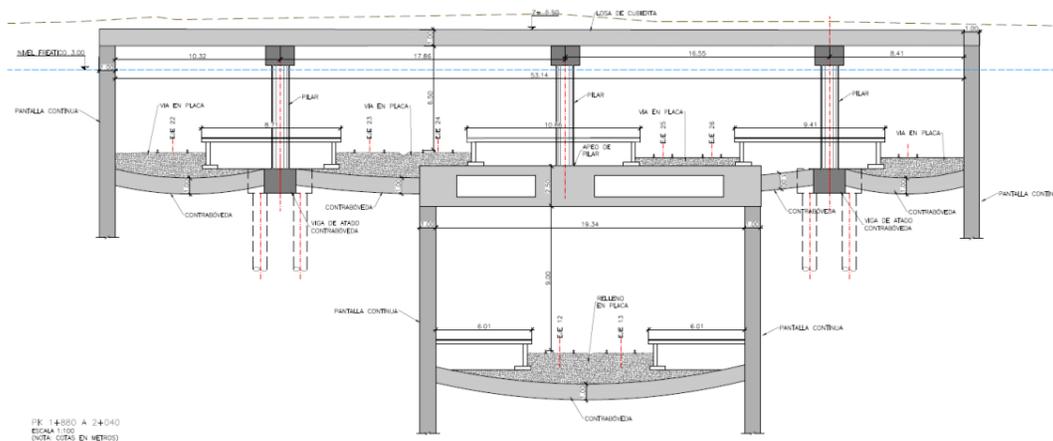
El proceso de ejecución será el siguiente

- Ejecución de pantallas
- Ejecución de pilas-pilote
- Hormigonado de losa de cubierta encofrada sobre terreno y apoyada en pantallas y pilas pilote
- Excavación bajo la losa hasta fondo de excavación en estación y nivel de estampador-fondo de excavación en túnel de cercanías
- Ejecución de contrabóvedas
- Rellenos de hormigón hasta cota de plataforma
- Descarnado de pila pilote hasta descubrir el pilar embebido en el tramo visto
- Ejecución de forjados de andén

6.2. ESTACIÓN DE CERCANÍAS

Al final de la estación de LR-RAM, aproximadamente en el PPKK 1+900 el túnel de cercanías gira a la derecha metiéndose completamente bajo la estación a nivel -1. Justo en esa zona es donde también el túnel de cercanías se ensancha para alojar la estación de Cercanías a nivel -2, por lo que ambas coinciden en planta, una por debajo de la otra.

Para apelar los pilares de la cubierta de la estación sobre el túnel de cercanías se habrán de requerir una serie de estructuras o losas de apeo potentes, que serán su vez el techo del túnel de cercanías. Se ha estimado un canto necesario de 1,5m a 2,2m según la luz que han de puentear sobre el túnel de cercanías (10,5m) o sobre la estación de cercanías (20m).



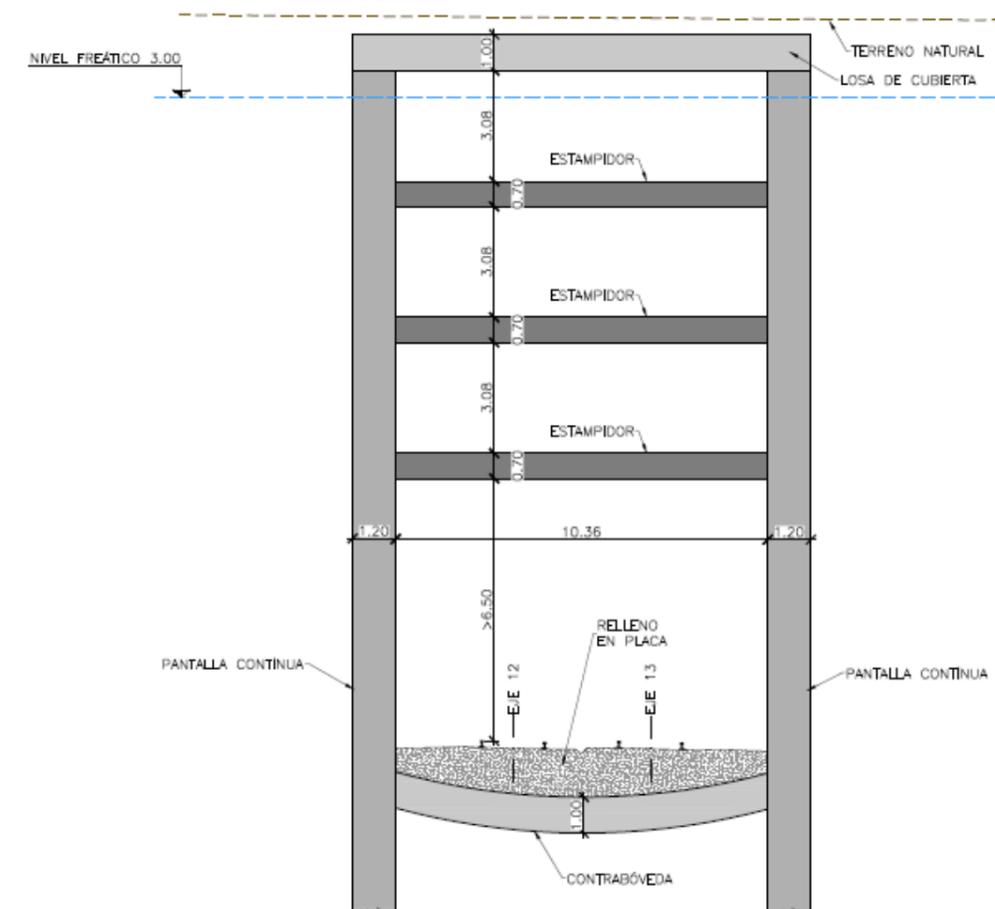
Seccion tipo por estacion CC bajo estacion LR-RAM

Esta zona de la estación de LR-RAM no podrá ejecutarse de manera descendente al igual que el resto y requiere un proceso de ejecución específico, que explicamos a continuación.

- Ejecución de pantallas. Las pantallas perimetrales de la estación se hormigonan hasta la cota de terreno actual, mientras que las del túnel de cercanías se hormigonarán hasta el nivel de losa de apeo de pilares.
- Excavación de pantallas exteriores hasta cota inferior de estación y losa de apeo de pilares. Se podrán requerir anclajes o puntales provisionales.
- Ejecución de losa o estructura de apeo de pilares apoyada sobre las pantallas del FT de cercanías de cercanías. Se preverán esperas para los pilares de la losa superior
- Ejecución e cimentaciones para los pilares que no caen sobre la losa de cercanías
- Encofrado y hormigonado de los fuiste de pilares apeados en la losa y cimentados independientemente.
- Cimbrado de losa de cubierta de estación de LR-RAM. Apoyada en Iso pilares y pantallas exteriores.

- Excavación bajo la losa de apeo de pilares hasta el fondo de excavación del túnel de cercanías.
- Ejecución de contrabóvedas y rellenos en estaciones de LR-RAM y Cercanías.
- Ejecución de andenes en estaciones de LR-RAM y Cercanías.

El resto del túnel de cercanías discurre casi en su totalidad bajo el edificio y el aparcamiento. Se prologará hasta el pozo de extracción ejecutándose de manera similar a la solución Moreda, excepto la zona del aparcamiento, que se describe en apartado posterior.



Seccion tipo tunel CC tramo final.

7. OTROS ELEMENTOS

Independientemente de diferencias geométricas propias del encaje del trazado y la arquitectura en cada solución, existen una serie de elementos cuya tipología estructural planteada es común en ambas soluciones, y se describen a continuación

7.1. EDIFICIO DE VIAJEROS

El edificio de viajeros de ambas soluciones tiene un nivel de cubierta y un nivel inferior asentado a cota de terreno. Desde el punto de vista constructivo, se contempla una construcción mediante cimentación, pilares de un tramo y losa cimbrada a nivel de cubierta.

Para los accesos desde el edificio al aparcamiento o a las estaciones de LR-RAM y CC se disponen núcleos de escaleras y pequeñas pantallas que delimitan los recintos necesarios.

Desde el punto de vista del sistema constructivo, se ejecutarán las cimentaciones del edificio, la solera o losa de nivel 0 y a continuación se erigen los pilares hasta la cubierta. Se finaliza la estructura con el cimbrado, encofrado y hormigonado del forjado o losa de cubierta.

7.2. APARCAMIENTO SUBTERRÁNEO

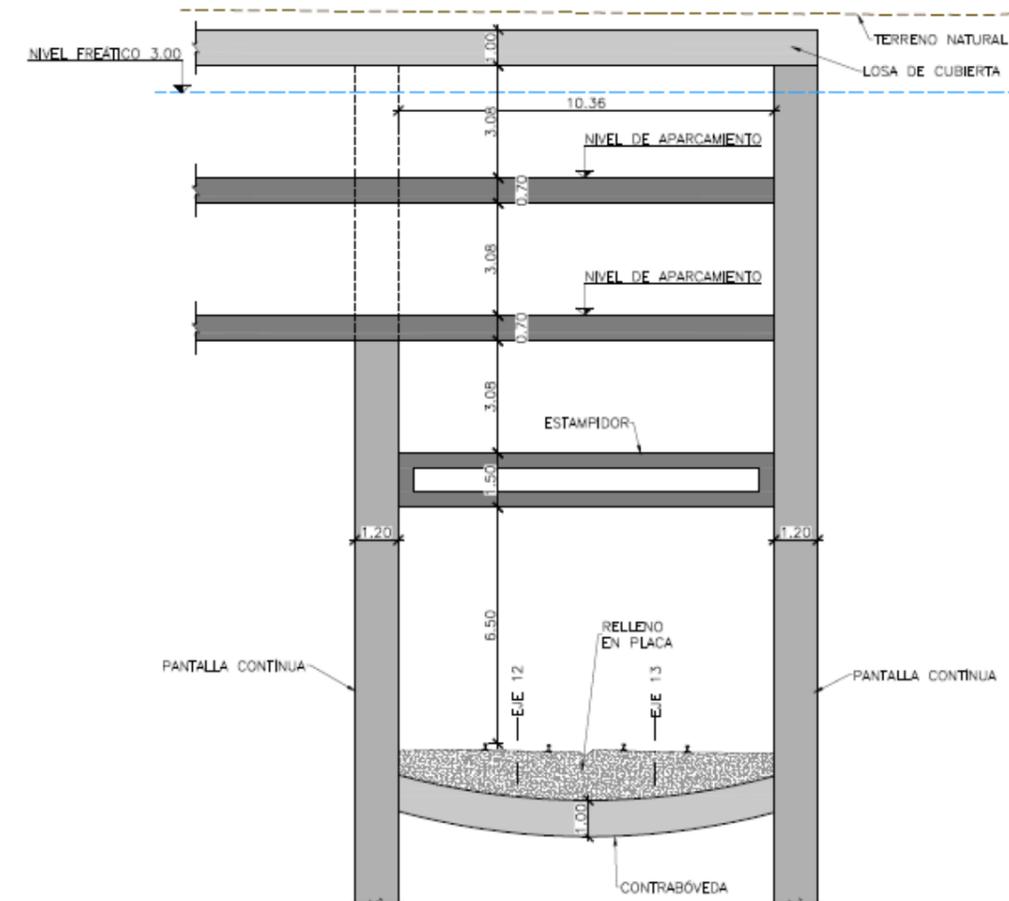
El aparcamiento previsto tiene 2 niveles en ambas alternativas.

7.2.1. Moreda

La tipología estructural en Moreda será mediante pantallas perimetrales y losas en los niveles del aparcamiento. Se plantea construcción mediante excavación y cimbra desde abajo, ya que contará con pilares que habrán de irse ejecutando desde la cimentación hacia arriba. Se requieren anclajes provisionales en las pantallas hasta que las mismas queden apuntaladas con las losas o forjados del aparcamiento.

7.2.2. Museo

En el caso de la alternativa 2 - Museo, el aparcamiento pasa por encima del falso túnel del cercanías, por lo que existe interferencia y habrá de ejecutarse de manera análoga al sistema descrito para la estación de LR-RAM en dicha alternativa.



PK 2+040 A 2+090
APARCAMIENTO SOBRE FALSO TÚNEL

Sección conjunta aparcamiento subterráneo – túnel CC (Museo)

El proceso de ejecución será similar al seguido para la estación:

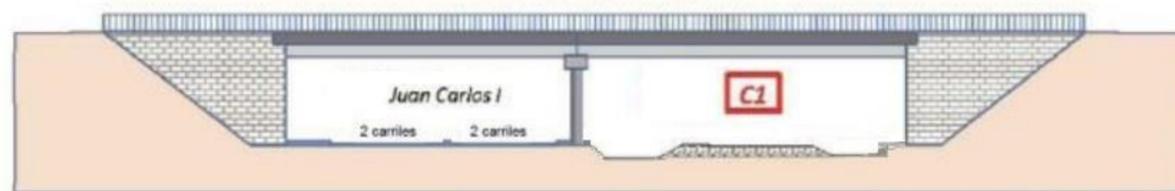
- Se ejecutará las pantallas, hormigonando las externas hasta arriba y la interna hasta la cota de losa de techo de cercanías.

- A continuación, se excava el volumen, para lo que serán precisos anclajes en las pantallas.
- Ejecución de cimentaciones del aparcamiento y losa de apeo de pilares sobre FT de cercanías
- Ejecución de tramos de pilares y niveles de aparcamiento, hasta losa de cubierta de aparcamiento
- Excavación entre pantallas bajo la losa de apeo de pilares en túnel, hasta cota de fondo
- Ejecución de contrabóvedas y rellenos
- Ejecución de andenes en zona de estación

7.3. ADECUACIÓN PASO SUPERIOR PRÍNCIPE DE ASTURIAS

Debido a la posición del nuevo trazado existe una interferencia con las actuales pilas del puente existente en el cruce de la Av. Príncipe de Asturias sobre el fcc, por lo que deberá remodelarse con una configuración compatible con el trazado.

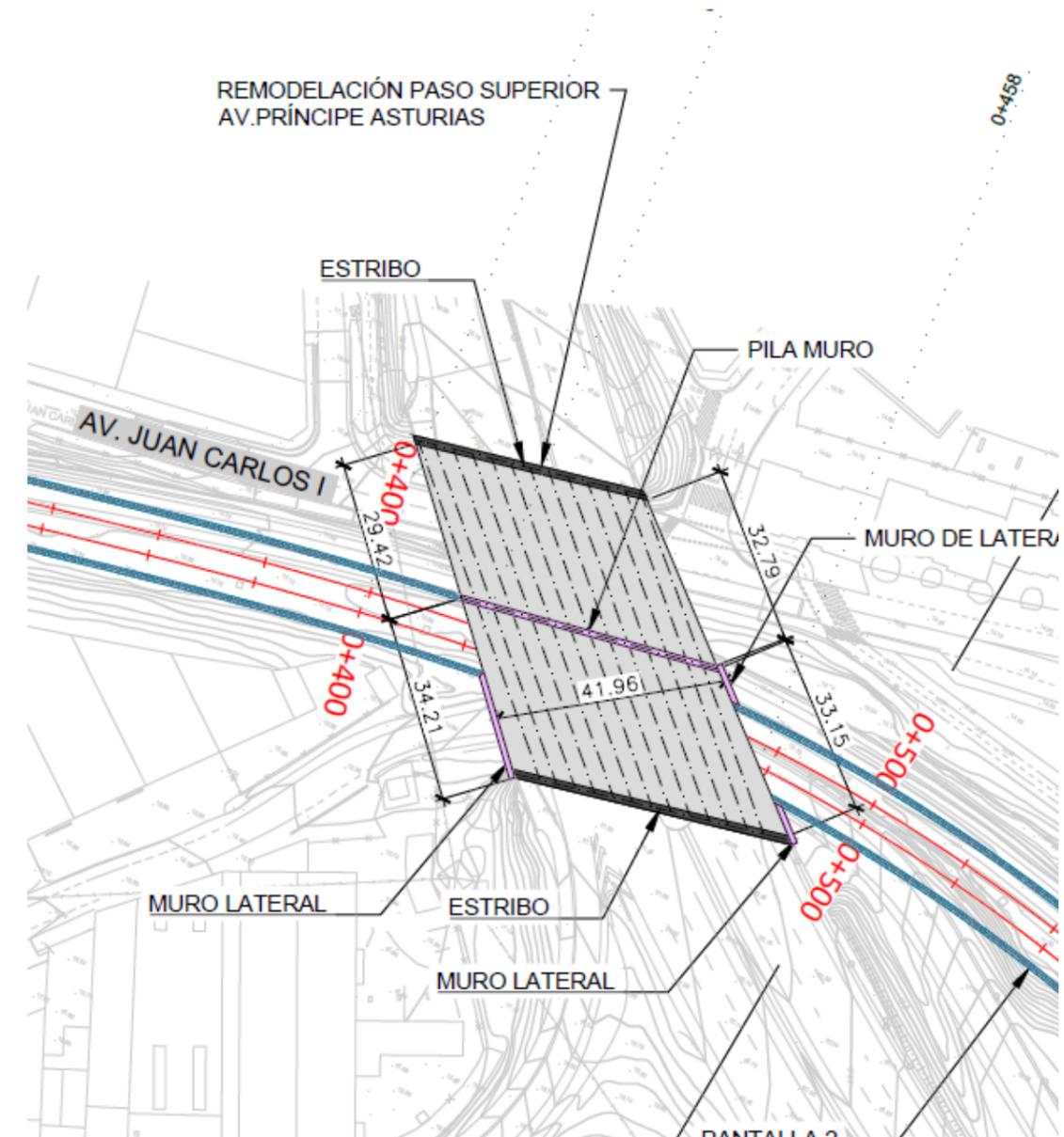
En ambas soluciones, el paso superior existente, con 3 vanos y 2 pilas intermedias debe ser demolido y reconstruido manteniendo su planta, pero eliminando una fila de apoyos, quedando una configuración con dos vanos y una pila intermedia que se hará coincidir con el hastial del falso túnel entre pantallas.



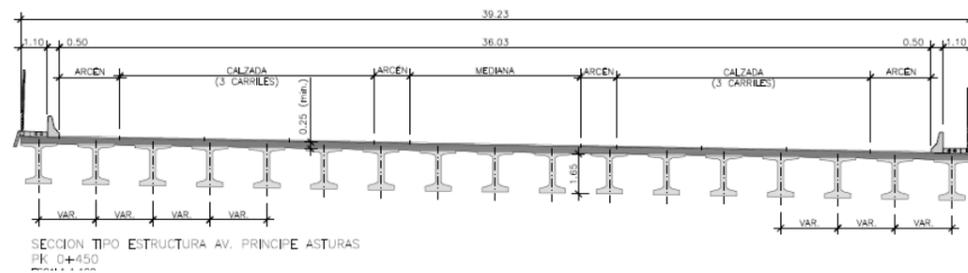
Boceto de configuración de estructura en dos vanos.

Este apoyo podrá ser una pila-muro que quedará en prolongación del hastial del falso túnel que atravesará por debajo del puente.

El nuevo tablero se plantea mediante vigas prefabricadas y losa de compresión. La planta será idéntica a la actual, con una longitud de unos 65m y un ancho variable con un valor medio de unos 40m



Planta Nuevo paso Av. Principe de Asturias



Sección Nuevo paso Av. Príncipe de Asturias

El principal condicionante será mantener la circulación en la vía carretera, por lo que se procederá a demoler primero la mitad del tablero correspondiente a uno de los sentidos de la calzada, desviando todo el tráfico por el resto de la calzada. Se ejecutarán los estribos, se colocarán las vigas sobre los mismos y se hormigonará la losa de compresión superior de esa mitad del tablero, que pasará a ponerse en servicio mientras demuele y ejecuta la otra parte.

8. BASES DE CÁLCULO

8.1. NORMATIVA

La normativa a empleada en el cálculo de las estructuras ha sido la siguiente:

- IAPF-07 Instrucción sobre las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Ferrocarril. Ministerios de Fomento. 2007.
- IAP-11 Instrucción sobre las Acciones a considerar en el Proyecto de Puentes de Carretera. Ministerios de Fomento. 2011.
- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento. 2008.
- EAE Instrucción de Acero Estructural. Ministerio de Fomento. 2012.
- NCSE-02. Norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación.
- NCSP-07. Norma de construcción sismorresistente: puentes. Ministerio de Fomento. 2007.
- EN 1991-2:2003/A1:2010. Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges

Además de las normativas generales se han tenido en cuenta las prescripciones de ADIF IGP 2011 / NAP 2015

8.2. MATERIALES

Con acuerdo las prospecciones del terreno realizadas sobre la traza, para los elementos en contacto con el terreno deberá tenerse en cuenta el ambiente específico. La cercanía al mar también nos obliga a contemplar ambiente IIIa en los elementos expuestos a intemperie. Siendo así, los hormigones propuestos son:

• Pilotes:	HA-30/F/20/IIa
• Pantallas	HA-30/F/20/IIIa
• Losas de fondo y contrabóvedas	HA-30/F/20/IIa
• Losas de cimentación o encepados:	HA-30/B/20/IIa
• Muros encofrados, y losas de cubierta	HA-30/B/20/IIIa
• Elementos pretensados	HP-45/B/20/IIIa

Bajo las cimentaciones se ejecutará una capa de hormigón de nivelación y limpieza con hormigón HL-150. Para rellenos en masa se contempla HM-20

8.2.1. Acero pasivo

Resistencia

Para todos los elementos se considera acero B 500 S

Módulo de elasticidad

Se adopta un valor de $2,1 \times 10^5$ N/mm². El módulo de elasticidad del acero será $E_s=200.000$ MPa.

8.2.2. Acero activo

Resistencia

Para todos los elementos se considera acero Y-1860-S7. El módulo de elasticidad del acero será $E_s=200.000$ MPa.

Módulo de elasticidad

Se adopta un valor de $2,1 \times 10^5$ N/mm².

8.3. NIVELES DE CONTROL

El control de calidad de los elementos de hormigón abarca el control de materiales y el control de la ejecución.

8.3.1. Control de materiales

El control de la calidad del hormigón y de sus materiales componentes, así como el control del acero se efectuará según lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

El fin del control es verificar que la obra terminada tienen las características de calidad especificadas en el proyecto, que son las generales de la Instrucción EHE-08. La realización del control se adecuará al nivel adoptado en el proyecto.

8.3.2. Control de la ejecución

El control de la calidad de la ejecución de los elementos de hormigón se efectuará según lo establecido en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

Existen diferentes niveles de control. La realización del control se adecuará al nivel adoptado para la elaboración del proyecto.

8.3.3. Niveles de control establecidos.

En el proyecto se adoptan los siguientes niveles de control según la definición de la Instrucción EHE-08:

- Acero de armar y pretensar
Todos los casos: Normal
- Hormigón
Todos los casos: Estadístico
- Ejecución
Todos los casos: Intenso

Corresponde a la Dirección de Obra la responsabilidad de la realización de los controles anteriormente definidos.

2.6.3. COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD PARA LA RESISTENCIA

Los controles anteriormente definidos están en acuerdo recíproco con los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia adoptados en los cálculos justificativos de la seguridad estructural.

Los coeficientes parciales de seguridad para la resistencia adoptados son:

	SITUACIONES PERSISTENTES Y TRANSITORIAS	SITUACIONES ACCIDENTALES
Hormigón	$\gamma_c = 1,50$	$\gamma_c = 1,30$
Acero de armar	$\gamma_s = 1,15$	$\gamma_s = 1,00$
Acero de pretensar	$\gamma_s = 1,15$	$\gamma_s = 1,00$

9. BASES DE PROYECTO

9.1. CRITERIOS DE SEGURIDAD

Para justificar la seguridad de las estructuras, objeto de este Anejo y su aptitud en servicio, se utilizará el método de los estados límites.

- Los estados límites se clasifican en:
- Estados Límites de Servicio
- Estados Límites Últimos

9.1.1. Estados Límites de Servicio (E.L.S.)

Se consideran los siguientes:

- E.L.S. de fisuración del hormigón traccionado.
- E.L.S. de fisuración del hormigón comprimido.
- E.L.S. de deformaciones.

9.1.2. Estados límites últimos (E.L.U.)

Los estados límites últimos que se deben considerar son los siguientes:

- E.L.U. de rotura, por deformación plástica excesiva, inestabilidad local o pérdida de estabilidad de una parte o de la totalidad de la estructura.

9.1.3. Valores característicos de las acciones

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en las instrucciones o recomendaciones enumeradas a continuación

9.1.3.1. Acciones permanentes.

Se refiere a los pesos de los elementos que constituyen la obra, y se supone que actúan en todo momento, siendo constante en magnitud y posición. Están formadas por el peso propio y la carga muerta.

A. Peso propio

La carga correspondiente al peso propio de los elementos se deduce de la geometría teórica de la estructura, considerando para la densidad los siguientes valores:

- Hormigón armado y pretensado 25 kN/m³
- Acero de armar y estructural 78,5 kN/m³

B. CARGA MUERTA.

Son las debidas a los elementos no resistentes, y que normalmente tomarán estos valores:

- Relleno de tierras: Se considera el espesor de tierras correspondiente a cada caso con una densidad de 20 kN/m³.
- Relleno de hormigón: Se considera el espesor de tierras correspondiente a cada caso con una densidad de 25 kN/m³.

Sobre las losas de cubierta se ha estimado que al menos habrá 50cm de tierras.

C. ACCIONES DEBIDAS AL TERRENO

En este apartado se consideran las acciones originadas por el terreno natural o de relleno, sobre los elementos en contacto con él.

La acción del terreno sobre la estructura es doble: peso sobre elementos horizontales y empuje sobre elementos verticales.

El peso se determinará aplicando al volumen de terreno que gravita sobre la superficie del elemento horizontal, el peso específico del relleno vertido y compactado. Se considera una densidad de 20 kN/m³.

El empuje es función de las características del terreno y de la interacción terreno-estructura, de acuerdo con la formulación que se describe más adelante.

En ningún caso, en que su actuación sea desfavorable para el efecto estudiado, el valor del empuje será inferior al equivalente empuje hidrostático de un fluido de peso específico igual a 5 kN/m³.

En el caso en que exista una incertidumbre sobre la posible actuación del empuje de tierras, deberá no considerarse en los casos en que su actuación sea favorable para el efecto en estudio.

No se incluye en esta acción la posible presencia de sobrecargas de uso, actuando en la coronación de los terraplenes, que ocasionan un incremento de los pesos y empujes transmitidos por el terreno al elemento portante.

La actuación de estas sobrecargas se considerará como una acción variable, de acuerdo con lo especificado en el apartado siguiente.

- Empuje activo

A efectos del cálculo de estabilidad y tensiones en el terreno, se considera una ley triangular, actuando sobre un plano vertical desde la parte final del talón. La ley de empujes es efectiva desde la superficie del terreno. Los coeficientes de empuje considerados han sido los que proporciona el Estado de Rankine:

$$\lambda_h = \cos^2 \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

$$\lambda_v = \sin \beta \cos \beta \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \varphi}} \Rightarrow \text{Coef. de empuje vertical}$$

Siendo:

φ Ángulo de rozamiento interno del relleno

β Ángulo que forma el talud de coronación con la horizontal

A efectos del cálculo estructural de los alzados, se considera una ley triangular actuando desde la sección inferior del mismo hasta su coronación. Se admite que

el relleno del trasdós es de la suficiente calidad como para suponer que el empuje es el correspondiente al Estado de Coulomb, con un ángulo de rozamiento tierras-muro de δ .

$$\lambda_h = \frac{\text{sen}^2(\alpha + \varphi)}{\text{sen}^2 \alpha \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi + \delta) \text{sen}(\varphi - \beta)}{\text{sen}(\alpha + \delta) \text{sen}(\alpha - \beta)}} \right]^2} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

Siendo:

δ Ángulo de rozamiento tierras-muro

α Ángulo que forma el trasdós con la horizontal

- Empuje pasivo

Para la evaluación del empuje pasivo se supone una ley triangular actuando desde la parte superior de la puntera, sin tener en cuenta, por tanto, el relleno situado sobre la misma.

$$\lambda_h = 0,5 \frac{1 + \text{sen} \varphi}{1 - \text{sen} \varphi} \Rightarrow \text{Coef. de empuje horizontal}$$

Debido a la incertidumbre de la actuación de esta carga, en general no es considerado el empuje pasivo salvo que sea de carácter desfavorable.

D. Acciones debidas al agua

Por lo general las estructuras de este proyecto no alcanzan la cota freática.

En el depósito si se ha considerado el empuje que ejerce el agua contenida en su interior sobre las paredes del mismo.

Se han considerado distintos escenarios según el nivel del agua en su interior.

La acción del agua sobre la estructura es doble: peso sobre elementos horizontales y empuje sobre elementos verticales.

El peso se determinará aplicando al volumen de agua que gravita sobre la superficie del elemento horizontal, el peso específico del agua considerado es de 10 kN/m³.

El empuje considerado es el hidrostático, incluyendo en el mismo el empuje ascendente que pueda producirse por efecto Arquímedes.

9.1.3.2. Acciones variables o de tráfico

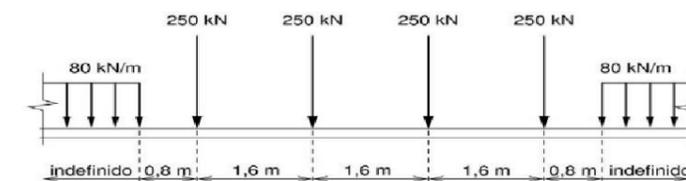
La sobrecarga considerada en cada caso dependerá de si el elemento está sometido a tráfico ferroviario o carretero.

A. CARGA FERROVIARIA

Tren de cargas

La carga estática producida por el peso de los vehículos ferroviarios sobre una vía se asimilará a la del tren UIC71. Dicho tren se definirá por las siguientes acciones actuando simultáneamente.

- Cuatro ejes de 250 kN dispuestos en el eje de la vía, separados longitudinalmente entre si 1,6 m, en la posición que resulte más desfavorable.
- Una sobrecarga uniformemente repartida de 80 kN/m extendida en la longitud y posición que sea más desfavorable.



Los dos tipos de acciones anteriores irán multiplicadas por un coeficiente de clasificación, α , cuyo valor será:

$\alpha = 1,21$ para vías de ancho ibérico o UIC.

$\alpha = 0,91$ para vías de ancho métrico.

Efectos dinámicos:

Las solicitaciones y deformaciones reales debidas al tráfico ferroviario son de naturaleza dinámica. Sus valores pueden ser considerablemente mayores que los debidos a acciones estáticas, por ello se define el coeficiente de impacto ϕ :

- Para vías con un mantenimiento cuidadoso:

$$\phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\phi - 0,20}} + 0,82$$

con $1 \leq \phi_2 \leq 1,67$

- Para vías con mantenimiento normal:

$$\phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\phi - 0,20}} + 0,73$$

con $1 \leq \phi_3 \leq 2,00$

De acuerdo con EN 1991-2:2003/A1:2010. Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges, no resulta preceptivo el análisis dinámico de las estructuras, pudiéndose aplicar el método estático equivalente.

Frenado y arranque

De acuerdo con la IAPF-07, las acciones de frenado y arranque de los vehículos ferroviarios se asimilarán a fuerzas horizontales, paralelas a la vía, repartidas uniformemente a lo largo de una determinada longitud y aplicadas a nivel del plano medio de rodadura. El valor global de estas acciones, para una vía, será:

Fuerza de arranque: $Q_{lak} = \alpha 33[kN/m] \cdot L[m]$ con $L \leq 30$ m

Fuerza de frenado: $Q_{lbk} = \alpha 20[kN/m] \cdot L[m]$ con $L \leq 300$ m

Lazo

Se trata de una fuerza puntual transversal al eje de la vía aplicado en la cara superior del carril, con valor

$$Q_{sk} = \alpha \cdot 100 \text{ kN.}$$

Fuerza centrífuga

Según normativa el valor será

$$Q_{tk} = \alpha \cdot \frac{Q_{v,k} \cdot v^2}{g \cdot r} \cdot f$$

$$q_{tk} = \alpha \cdot \frac{q_{v,k} \cdot v^2}{g \cdot r} \cdot f$$

Q_{tk}, q_{tk} : Valores característicos de la fuerza centrífuga correspondiente a las cargas puntuales y uniformemente repartidas, en [kN, kN/m].

$Q_{v,k}, q_{v,k}$: Valores de las cargas verticales definidas en 2.3.1.1, no afectadas por ningún coeficiente de impacto, en [kN, kN/m].

v : Velocidad del tren, en [m/s].

α : Coeficiente de clasificación definido en 2.3.1.1. Cuando $v > 120$ km/h, no se tomarán valores de α superiores a la unidad ($\alpha \geq 1$).

g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

r : Radio de la curva en planta, en [m].

f : Coeficiente reductor definido por la expresión:

$$f = \begin{cases} 1 & (\text{para } v \leq 120 \text{ km/h}) \\ 1 - \left(\frac{v - 120}{1000} \right) \left(\frac{814}{v} + 1,75 \right) \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_r}} \right) & (\text{para } 120 < v \leq 300 \text{ km/h}) \\ 0,197 + 0,803 \sqrt{\frac{2,88}{L_r}} & (\text{para } v > 300 \text{ km/h}) \end{cases} \quad (2.3)$$

En nuestro caso la velocidad de proyecto para la línea considerada es 22,2 m/s (80 km/h). La fuerza centrífuga se aplicará perpendicular al eje de trazado, en la cara superior del carril en las estructuras que estén situadas sobre una curva en planta. Se especificará en cada caso.

Alabeo

Con todos los esfuerzos se comprobará el cumplimiento de las prescripciones de alabeo para puente ferroviario

(2) The maximum twist t [mm/3m] of a track gauge s [m] of 1,435 m measured over a length of 3 m (Figure A2.1) should not exceed the values given in Table A2.7:

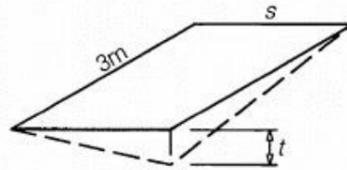


Figure A2.1 - Definition of deck twist

Table A2.7 – Limiting values of deck twist

Speed range V (km/h)	Maximum twist t (mm/3m)
$V \leq 120$	$t \leq t_1$
$120 < V \leq 200$	$t \leq t_2$
$V > 200$	$t \leq t_3$

NOTE The values for t may be defined in the National Annex.

The recommended values for the set of t are:

$t_1 = 4,5$

$t_2 = 3,0$

$t_3 = 1,5$

Values for a track with a different gauge may be defined in the National Annex.

Sobrecarga ferroviaria en terraplenes

Tal y como se expresa en la IAPF-07, que en España hace las veces de anexo nacional para la EN 1991-2:2003/A1:2010, para el caso de empujes del terreno sobre elementos de la estructura en contacto con él, se considerará la actuación sobre la zona de coronación de terraplén en la que puede actuar el tráfico ferroviario, de una sobrecarga uniforme de $\alpha \cdot 30 \text{ kN/m}^2$, siendo α el coeficiente de clasificación, cuyo valor será:

$\alpha = 1,21$ para vías de ancho ibérico o UIC.

$\alpha = 0,91$ para vías de ancho métrico.

B. SOBRECARGAS DE USO DE CARRETERA

Tren de cargas

Componentes verticales.

Corresponde a las acciones siguientes actuando simultáneamente:

Una sobrecarga uniforme de valor q_{ik} , según la tabla 4.1.b, de la norma IAP-11. Dicha carga uniforme se extenderá longitudinal y transversalmente a todas las zonas donde su efecto resulte desfavorable para el elemento en estudio, incluso en aquellas ya ocupadas por el vehículo pesado.

SITUACIÓN	VEHÍCULO PESADO $2Q_{ik}$ [kN]	SOBRECARGA UNIFORME q_{ik} (ó q_{sk}) [kN/m ²]
Carril virtual 1	2 · 300	9,0
Carril virtual 2	2 · 200	2,5
Carril virtual 3	2 · 100	2,5
Otros carriles virtuales	0	2,5
Área remanente (q_{sk})	0	2,5

Tabla 4.1.b. de la norma IAP-11

Uno o más vehículos pesados, según el número de carriles virtuales, de acuerdo al apartado 4.1.1. de la IAP-11 “División de la plataforma del tablero en carriles virtuales”. Se considerará un único vehículo pesado en cada carril virtual de peso $2Q_{ij}$, que actuará centrado a efectos de comprobaciones generales y con una separación entre ruedas del mismo eje de 2.00. La distancia longitudinal entre ejes será de 1.20 metros. Además las dos ruedas del eje tendrán la misma carga que será $0.5Q_{ik}$

Las cargas de los vehículos pesados se tomarán de acuerdo a la figura 4.1.b de la IAP-11.

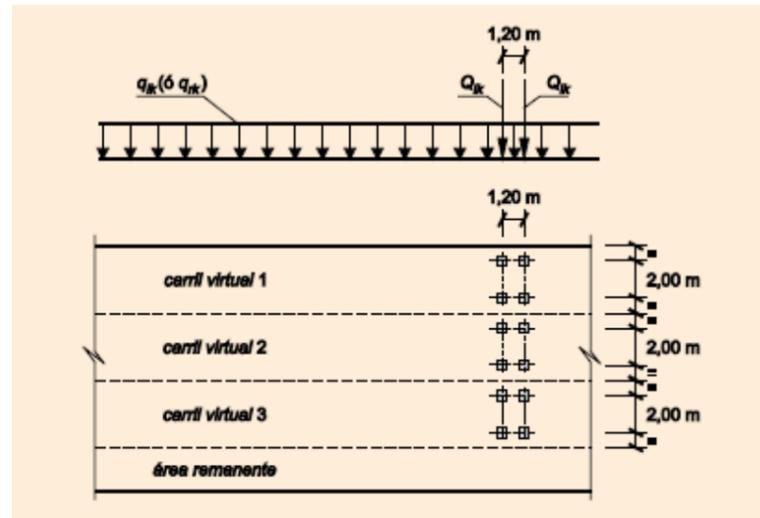


Figura 4.1.b IAP-11

En todos los valores de las cargas definidas en este apartado está ya incluido el correspondiente coeficiente de impacto, que tiene en cuenta el carácter dinámico de las cargas que se admite son aplicadas estáticamente.

Componentes horizontales: Frenado y arranque: El frenado, arranque o cambio de velocidad de los vehículos, dará lugar a una acción cuyo valor se estima en una fracción de la carga característica vertical que se considere actuando sobre el carril virtual número 1, de acuerdo con la expresión (siendo L la distancia entre juntas contiguas, o longitud del puente si no existieran):

$$Q_{1k} = 0.6 \cdot 2Q_{1k} + 0,1 q_{1k} W_1 L$$

El valor Q_{1k} estará limitado superior e inferiormente según lo indicado a continuación:

$$180 \text{ kN} \leq Q_{1k} \leq 900 \text{ Kn}$$

Sobrecargas en zonas de uso peatonal

Para la determinación de los efectos estáticos de la sobrecarga de uso debida al tráfico de peatones, se considerará la acción de una carga vertical uniformemente distribuida de valor igual a 5 kN/m²

Sobrecargas en terraplenes adyacentes al puente

A efectos del cálculo del empuje del terreno sobre elementos de la estructura en contacto con él, se considera actuando en la parte superior del terraplén una sobrecarga uniforme de 10 kN/m².

Esta sobrecarga se tiene en cuenta únicamente en los casos en que las cargas producidas por el tráfico actúan a una distancia, medida en horizontal desde la parte superior de la estructura, menor o igual a la mitad de la altura del elemento de la estructura sobre el que actúa el empuje.

Impacto sobre barandillas

Se adoptará una clase de carga tal que la fuerza horizontal perpendicular al elemento superior de la barandilla sea como mínimo de 1,5 kN/m.

Esta fuerza horizontal se considerará actuando simultáneamente con la sobrecarga de uso uniforme.

C. SOBRECARGA EN TERRAPLENES

En los terraplenes sometidos a carga carretera se considera una sobrecarga repartida de 10kN/m²

Con respecto a los terraplenes que reciben carga ferroviaria, tal y como se expresa en la IAPF-07, que en España hace las veces de anexo nacional para la EN 1991-2:2003/A1:2010, para el caso de empujes del terreno sobre elementos de la estructura en contacto con él, se considerará la actuación sobre la zona de coronación de terraplén en la que puede actuar el tráfico ferroviario, de una sobrecarga uniforme de α 30 kN/m², siendo α el coeficiente de clasificación, cuyo valor será:

$\alpha = 1,21$ para vías de ancho ibérico o UIC.

$\alpha = 0,91$ para vías de ancho métrico.

Se comprueba en el anejo de cálculo del cajón que esta simplificación de la normativa española resulta válida y de hecho queda del lado de la seguridad respecto a la tensión que produce el bulbo de presiones del tren UIC71 que se prescribe en EN- 1991-2-2003.

Esta sobrecarga sólo se tendrá en cuenta cuando la distancia horizontal entre el eje de la vía y la estructura sea menor o igual que la mitad de su altura.

D. ACCIONES SÍSMICAS

De acuerdo a la NCSP-07 No será necesario considerar la acción sísmica cuando la aceleración sísmica básica sea inferior a 0,04g, ($a_b < 0,04g$), o cuando la aceleración sísmica de cálculo sea inferior a 0.04g, ($a_c < 0,04g$).

En el caso de esta estructura tenemos, situada en Gijón no es necesario tener en cuenta ninguna acción sísmica por ser $a_b < 0,04g$

9.1.4. Valores representativos de las acciones

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el la IAPF-07 o IAP-2011 dependiendo de que la carga sea ferroviaria o carretera respectivamente.

Las acciones se definen en su magnitud por sus valores representativos.

Una misma acción puede tener un único o varios valores representativos, según se indica a continuación, en función del tipo de acción.

Acciones permanentes (G)

Para las acciones permanentes se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico G_k .

Acciones variables (Q)

Cada una de las acciones variables puede considerarse con los siguientes valores representativos:

Valor característico Q_k : valor de la acción cuando actúa aisladamente, que ha sido definido en el apartado Valores Característicos de las Acciones.

- Valor de combinación $\psi_0 Q_k$: valor de la acción cuando actúa en compañía de alguna otra acción variable.
- Valor frecuente $\psi_1 Q_k$: valor de la acción que es sobrepasado durante un período de corta duración respecto a la vida útil del puente.

Valor casi-permanente $\psi_2 Q_k$: valor de la acción que es sobrepasado durante una gran parte de la vida útil del puente.

Acciones accidentales (A)

Para las acciones accidentales se considerará un único valor representativo, coincidente con el valor característico A_k .

9.1.5. Valores de cálculo de las acciones

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el "Código Técnico de la Edificación (CTE). Seguridad estructural: Bases de cálculo y acciones en la edificación" [1].

Los valores de cálculo de las diferentes acciones son los obtenidos aplicando el correspondiente coeficiente parcial de seguridad γ a los valores representativos de las acciones, definidos en el apartado anterior.

Estados límites últimos (E.L.U.)

Se han seguido los criterios especificados en el la IAPF-07 o IAP-2011 dependiendo de que la carga sea ferroviaria o carretera respectivamente en lo relativo a los coeficientes de mayoración de las acciones

Para las comprobaciones resistentes de elementos con tráfico ferroviario se consideran los coeficientes parciales de la tabla 4.1 de la IAPF-07, que se transcribe a continuación.

CUADRO 4.1. VALORES DE LOS COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD γ_F PARA LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS.

TIPO DE ACCIÓN	SITUACIÓN PERSISTENTE O TRANSITORIA		SITUACIÓN ACCIDENTAL	
	EFFECTO FAVORABLE	EFFECTO DESFAVORABLE	EFFECTO FAVORABLE	EFFECTO DESFAVORABLE
Permanente de valor constante ^{(1) (2)}	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Permanente de valor no constante	Pretensado P_1 ⁽³⁾	$\gamma_G^* = 1,00$	$\gamma_G^* = 1,00$	$\gamma_G^* = 1,00$
	Pretensado P_2 ⁽⁴⁾	$\gamma_G^* = 1,00$	$\gamma_G^* = 1,35$	$\gamma_G^* = 1,00$
	Otra presolicitación ⁽³⁾	$\gamma_G^* = 0,95$	$\gamma_G^* = 1,05$	$\gamma_G^* = 1,00$
	Reológica	$\gamma_G^* = 1,00$	$\gamma_G^* = 1,35$	$\gamma_G^* = 1,00$
	Acción o asiento del terreno	$\gamma_G^* = 1,00$	$\gamma_G^* = 1,50$	$\gamma_G^* = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

Para las comprobaciones resistentes de elementos con tráfico carretero se consideran los coeficientes parciales de la tabla 6.2-b de la IAP-11, que se transcribe a continuación.

(para las comprobaciones resistentes)

Acción	Efecto	
	Favorable	Desfavorable
Permanente de valor constante (G)	Peso propio	1,0
	Carga muerta	1,35
Permanente de valor no constante (G*)	Pretensado P_1	1,0 / 1,2 ⁽¹⁾ / 1,3 ⁽²⁾
	Pretensado P_2	1,0
	Otras presolicitaciones	1,0
	Reológicas	1,0
	Empuje del terreno	1,0
	Asientos	0
	Rozamiento de apoyos deslizantes	1,0
Variable (Q)	Sobrecarga de uso	0
	Sobrecarga de uso en terraplenes	0
	Acciones climáticas	0
	Empuje hidrostático	0
	Empuje hidrodinámico	0
	Sobrecargas de construcción	0

- (1) El coeficiente $\gamma_G = 1,2$ será de aplicación al pretensado P_1 en el caso de verificaciones locales tales como la transmisión de la fuerza de pretensado al hormigón en zonas de anclajes, cuando se toma como valor de la acción el que corresponde a la carga máxima (tensión de rotura) del elemento a tesar.
- (2) El coeficiente $\gamma_G = 1,3$ se aplicará al pretensado P_1 en casos de inestabilidad (pandeo) cuando ésta pueda ser inducida por el axil debido a un pretensado exterior.
- (3) El coeficiente $\gamma_G = 1,35$ corresponde a una evaluación de los efectos de los asientos mediante un cálculo elasto-plástico, mientras que el valor $\gamma_G = 1,2$ corresponde a un cálculo elástico de esfuerzos.

Estados límites de servicio (E.L.S.)

Para los coeficientes parciales de seguridad γ se tomarán valores unitarios.

9.1.6. Combinación de acciones

Con carácter general se han seguido los criterios especificados en el la IAPF-07 o IAP-2011 dependiendo de que la carga sea ferroviaria o carretera respectivamente.

Las hipótesis de carga a considerar se formarán combinando los valores de cálculo de las acciones cuya actuación pueda ser simultánea, según los criterios generales que se indican a continuación.

9.1.6.1. Situaciones persistentes y transitorias

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizará de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

Donde:

$G_{k,j}$ valor representativo de cada acción permanente.

$G^*_{k,i}$ valor representativo de cada acción permanente de valor no constante.

$Q_{k,1}$ valor representativo (valor característico) de la acción variable dominante.

$\psi_{0,i} Q_{k,i}$ valores representativos (valores de combinación) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante.

9.1.6.2. Situaciones accidentales

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizarán de acuerdo con el siguiente criterio:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} + A_k$$

Donde:

$G_{k,j}; G^*_{k,i}$ valores representativos de las acciones

$\psi_{1,1} Q_{k,1}$ valor representativo (valor frecuente) de la acción variable dominante

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$ valores representativos (valores casi-permanentes) de las acciones variables concomitantes con la acción variable dominante y la acción accidental

A_k valor representativo (valor característico) de la acción accidental

9.1.6.3. Estados Límites de Servicio

Para estos estados se consideran únicamente las situaciones persistentes y transitorias, excluyéndose las accidentales.

Las combinaciones de las distintas acciones consideradas en estas situaciones, se realizará de acuerdo con el siguiente criterio:

Combinación característica (poco probable o rara):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinación casi-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{G^*,i} G^*_{k,i} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

9.2. CRITERIOS DE DURABILIDAD

9.2.1. Generalidades

Las estructuras proyectadas deben ser construidas y utilizadas de forma que mantengan sus condiciones de seguridad, funcionalidad y aspecto, ajustándose a los costes de conservación y explotación previstos.

9.2.2. Elementos de hormigón

En el proyecto y en la ejecución se deben contemplar las indicaciones relativas a la durabilidad contenidas en la «Instrucción de hormigón estructural», EHE - 08 [2]. Elementos durables no se consiguen sólo a través de un adecuado proyecto y una cuidada ejecución, de la misma importancia es un mantenimiento adecuado de los elementos.

Se tendrá en cuenta no sólo la durabilidad del acero estructural y del hormigón frente a las acciones físicas y al ataque químico, sino también la corrosión que puede afectar a las armaduras metálicas, debiéndose, por tanto, prestar especial atención a los recubrimientos de las armaduras principales y estribos. Los hormigones deberán ser muy homogéneos, compactos e impermeables.

La vida útil de las estructuras de este proyecto es de 100 años.