



ELSEVIER
www.elsevierciencia.com/hya



CrossMark

Disponible en
ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Hormigón y Acero 2015; 66(276): 137–150



www.e-ache.com

Original

Viaducto de vía estrecha sobre la A-8, Navia. Alternativa al cajón hincado. Tipologías estructurales derivadas

Narrow gauge viaduct over the A-8, Navia. Alternative to a driven caisson. Structural typologies derived

Jorge Aparicio García

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. INGETURARTE, S.L., Madrid, España

Recibido el 12 de enero de 2015; aceptado el 30 de marzo de 2015

Disponible en Internet el 26 de septiembre de 2015

Resumen

Este viaducto plantea una tipología alternativa a la solución del cajón hincado. Se presenta la realización de un paso superior de ferrocarril de vía estrecha de 2 vanos, de 26,65 y 27,58 m de luz cada uno, prefabricado en el tablero con vigas tipo pi, con vigas laterales longitudinales peraltadas y pilas-pilote in situ. Se plantea un novedoso procedimiento constructivo basado en la realización primera de los pilotes de apoyo; la ejecución del nuevo tablero bajo balasto y vías en operaciones nocturnas escalonadas; postesado transversal primero y postesado longitudinal recto después en el tablero, para concluir con la excavación controlada bajo tablero que dé continuidad al tronco de autovía que pasa bajo la estructura. De este trabajo se infieren nuevas tipologías para pantear estructuras similares, las cuales se proponen como posibilidades para la concepción de nuevos puentes.

© 2015 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Palabras clave: Cajón hincado; Proceso constructivo; Tipología estructural; Postesado bidireccional

Abstract

The viaduct heading represents an alternative typology to the well known inserted caisson solution. It presents the realization of an overpass narrow gauge railway, two spans of 26.65 and 27.58 m each, prefabricated deck with pi-beams and side longitudinal banked beams and piers-pile cast in place. It is presented a new construction procedure based on the first embodiment of the piers-pile, the execution of the deck under the railway and the ballast in night operations; transverse post-tensioning in the first instance, and straight longitudinal post-tensioning secondly for the deck; to conclude the controlled excavation below the deck to continue the trunk highway that passes under the structure. In this work new structural types are inferred for the design of similar structures, which are proposed as possibilities for the design of new bridges.

© 2015 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Keywords: Driven caisson; Constructive process; Structural type; Two-way prestressed

Correo electrónico: ingeturarte@telefonica.net

<http://dx.doi.org/10.1016/j.hya.2015.03.003>

0439-5689/© 2015 Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

El presente artículo tiene como objeto presentar el viaducto para ferrocarril de vía estrecha sobre la A-8 a la altura de Navia. De modestas dimensiones, y proyectado con la nueva instrucción de puentes para ferrocarril [1], la singularidad de su procedimiento constructivo y las tipologías estructurales derivadas del mismo dan justificación a este documento.

2. Descripción del viaducto

2.1. Necesidades del trazado de la vía y del trazado de la autovía: sección geométrica resultante

A pesar de que la vía existente era única, FEVE, la Propiedad, quería dejar prevista la posibilidad de realizar una segunda vía férrea que pudiera ampliar el servicio.

Por un lado, el trazado de la nueva autovía A-8 obligaba a ejecutar un desmonte en trinchera tal que minimizara el impacto medioambiental provocado por dicho desmonte. Esta condición es la que justificaba una sección resistente peraltada, lo que dio lugar a la elección de sendas vigas resistentes laterales que soportaran el tablero del menor canto posible, 0,80 m.

Por otro lado, el trazado en planta de la línea férrea existente (fig. 1) obligaba a sobreeanchos que no se hubieran dado en caso de trazado recto. Dichos sobreeanchos, unidos a los gálibos exigidos por la Propiedad, fueron los que provocaron la necesidad de un ancho de tablero estricto de 10,90 m de anchura libre (fig. 2).

Los criterios de durabilidad y mínimo mantenimiento del viaducto invitaban a una estructura de hormigón armado o pretensado.

La sección consta de 2 vigas longitudinales rectangulares peraltadas de 1,00 m de ancho por 2,30 m de canto, que recogen un tablero de piezas prefabricadas en forma de pi.

El canto de las 2 vigas corresponde a las necesidades de armado compatibles con las luces resultantes de la sección transversal del tronco de la autovía A-8. Dichas luces conllevan, debido al esviaje en planta conjugado con la curvatura del tablero, a 2 vanos de 27,58 y 26,65 m, respectivamente, apoyando el tablero en mediana y en cabeza de desmontes (fig. 3).

2.2. Necesidades del servicio: tipología del tablero

A las necesidades geométricas de la sección hay que añadir los requerimientos de mantenimiento del servicio, que obligaban a un mínimo tiempo de corte de vías.

Es en este punto donde entra el singular procedimiento constructivo propuesto por la Dirección Técnica de DRAGADOS S.A., que plantea la posibilidad de resolver el problema mediante la ejecución de la cimentación y del tablero previamente a la excavación del desmonte. Para ello, es clave la prefabricación del tablero con piezas de sección en pi, denominadas en figuras prelosas. Esta prefabricación permite la colocación del tablero bajo el balasto existente durante cortes nocturnos de la vía, pudiendo realizarse con posterioridad el ferrallado, encofrado, hormigonado y postesado de las vigas longitudinales [2].

Así pues, el tablero está formado por piezas prefabricadas en forma de pi, de 10,90 m de largo, 0,80 m de canto y 2,00 m de

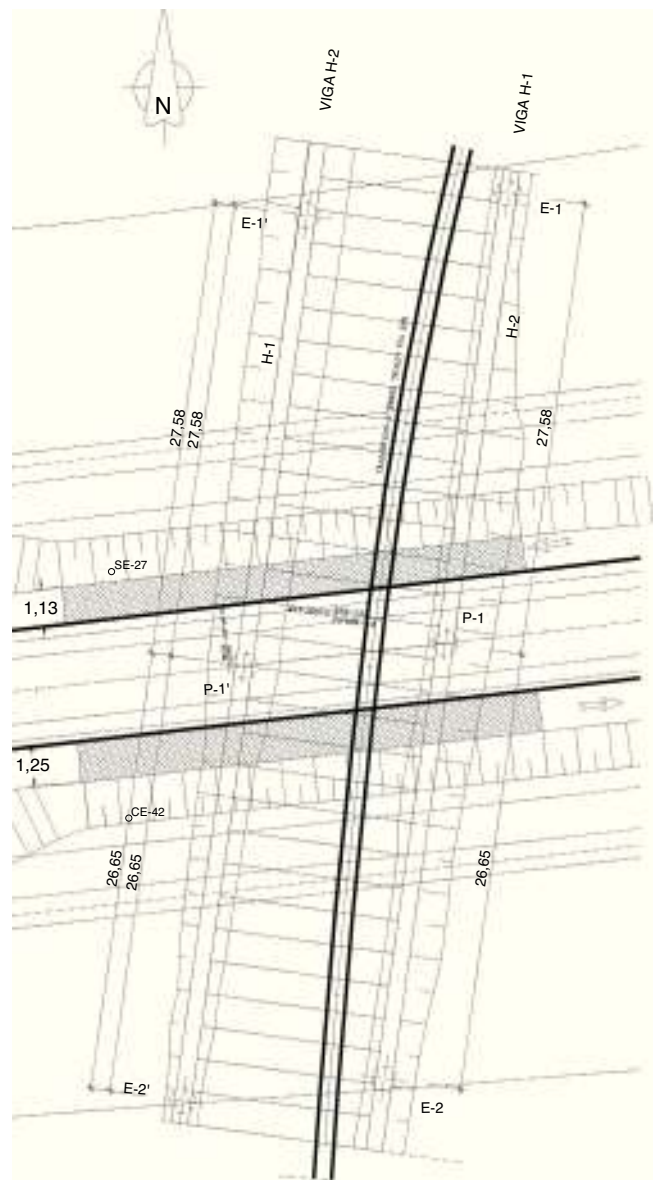


Figura 1. Planta del viaducto sobre la autovía A-8.

ancho (fig. 4). Estas dimensiones permiten su puesta en obra sin necesidad de recurrir a un transporte especial, a la vez que se minimiza el peso de cada una de las piezas del tablero.

El tablero es postesado tanto transversal como longitudinalmente, lo que obligará a cuidar todos los detalles de armado pasivo y activo y su orden de tesado.

El funcionamiento bajo las acciones ferroviarias de las piezas en pi, antes de la ejecución de las vigas longitudinales, con el balasto y la vía existente sobre dichas piezas, obliga a su apoyo sobre el terreno en sendas vigas corridas provisionales que reducen la luz de trabajo a 6 m. Además, estas vigas funcionan como vigas armadas durante este estado transitorio (fig. 4).

2.3. Cimentación

La cimentación del tablero se realiza en 3 parejas de pilas pilotes, 3 pilas pilotes por cada una de las dos vigas longitudinales conformando sendas luces principales y 2 pequeños vuelos

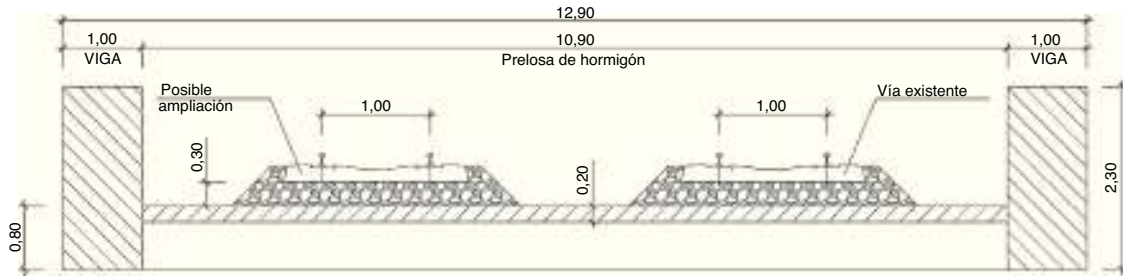


Figura 2. Sección de tablero resultante.

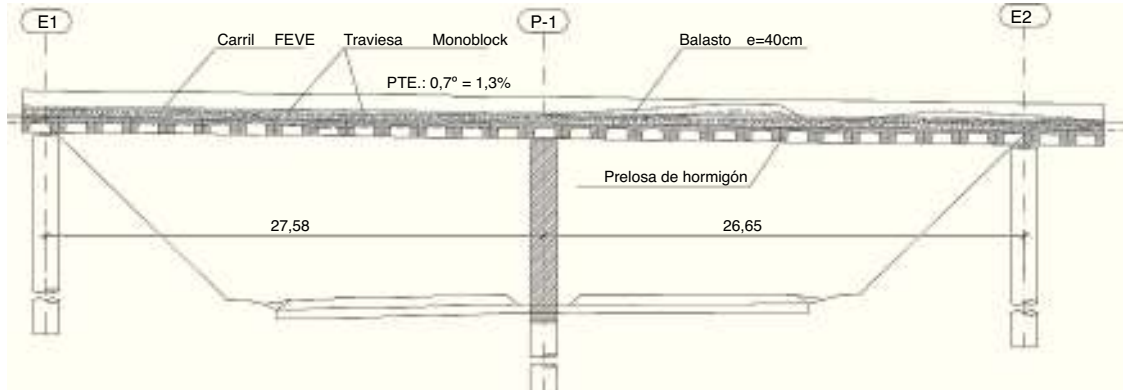


Figura 3. Sección longitudinal del tablero.

antimétricos debidos al esviaje. Los pilotes son de 1,42 m de diámetro y longitudes de 11,00 m en los de estribos y en las pilas, con un empotramiento de 4,50 m en terreno competente.

Dado que la ejecución del tablero es previa a la excavación, lo primero que se ha de realizar son las pilas pilotes y la colocación de los apoyos definitivos de la estructura.

3. Procedimiento constructivo

En el procedimiento constructivo reside la singularidad del viaducto presentado, por lo que a continuación se procede a su descripción por fases.

El terreno sobre el que se ha trazado la vía férrea es competente y relativamente horizontal, por lo que permite la ejecución de plataformas de trabajo a ambos lados de la vía. Las plataformas de trabajo se localizan paralelas a la vía férrea, y por lo tanto en la zona que va a desmontarse, por lo que el daño ecológico es mínimo (fig. 5).

En paralelo con la ejecución de las plataformas de trabajo se van realizando los muretes guía para replanteo de pilotes, que deben tener una tolerancia en cabeza de ± 2 cm para ser coherentes con la excentricidad mínima de la EHE en elementos sometidos a compresión.

La excavación de los pilotes in situ debe realizarse con inclinaciones máximas $\leq 1,5\%$, lo que viene dado como consecuencia de estudiar el desplazamiento máximo de los pilotes centrales de forma que permanezcan dentro de los límites de la mediana de autovía y sus protecciones.

El descabezado de pilotes es posterior a su ejecución y debe ser cuidado para la posterior colocación de los aparatos de apoyo sobre las respectivas mesetas de apoyo (fig. 6).

La fabricación en taller, transporte y acopio de las piezas en pi se ha realizado de forma paralela a los trabajos de ejecución de los pilotes. Las playas de acopio y recepción a ambos lados de la vía, que son previas al ripado de las piezas en pi, han de cuidarse en el acabado, que debe garantizar, con las tolerancias mínimas, un plano 0,05 m por encima del plano teórico definitivo, para tener margen de absorción de flechas de forma adecuada sin que el gálibo resulte disminuido (fig. 7).

A ambos lados de la vía férrea se ejecutan sendos apoyos corridos separados una distancia de 6,00 m entre ejes para que, previamente a la ejecución de las vigas longitudinales y con el

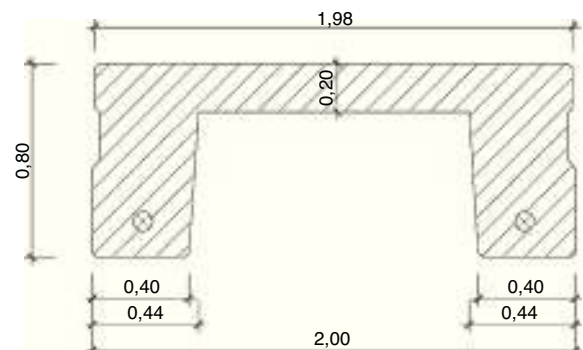


Figura 4. Sección transversal de la viga prefabricada del tablero.

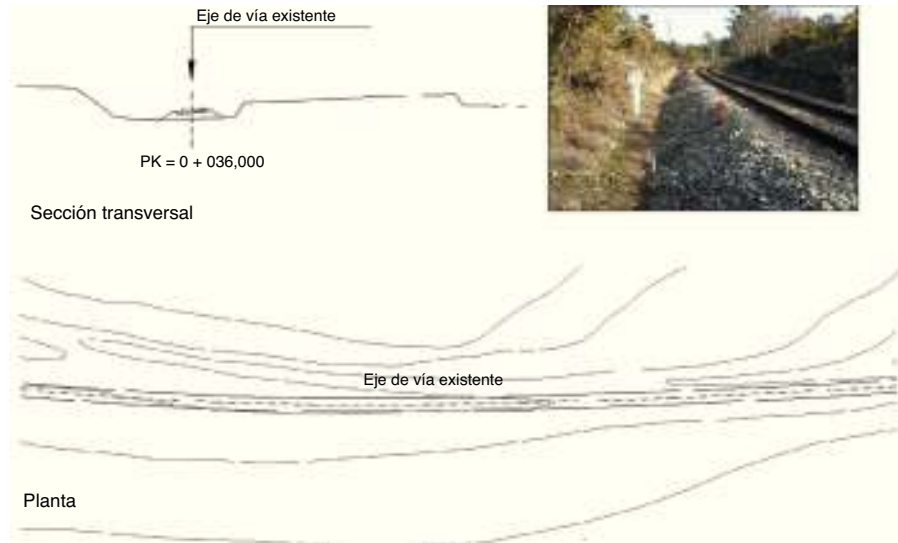


Figura 5. Estado existente.

balasto y la vía colocada, puedan soportar el apoyo simple de las acciones ferroviarias más el peso propio y el balasto, con la interposición de un neopreno corrido entre pieza en pi y zapata continua.

La gran capacidad portante del terreno permite que las vigas corridas sean mínimas (fig. 8).

Sobre la playa de acopio se colocan las piezas en pi alineadas para poder colocarlas en el menor tiempo posible en su posición provisional a modo de «traviesas bajo balasto» (fig. 9).

Con parones nocturnos de tráfico, y por fases, se procede al levantado de la vía con las grúas oportunas (fig. 10), a la retirada del balasto, al acabado del escarificado del terreno, a la colocación de las piezas en pi sobre los apoyos corridos provisionales (fig. 11), a la impermeabilización del tablero, a la restitución de balasto, y finalmente se restituye la vía en su emplazamiento espacial original.

Mención especial requiere la colocación de los apoyos de neopreno, que ha de realizarse previa a la colocación de las

piezas en pi, tanto para los neoprenos definitivos como para los neoprenos corridos sobre las zapatas corridas provisionales ejecutadas a base de lechada de cemento sobre terreno rocoso competente. Este neopreno es corrido para permitir tolerancias en la colocación, aunque hubiera podido realizarse un pegado discontinuo correctamente replanteado.

La colocación de las piezas en pi mediante grúa es tal que ripa cada pieza hasta su posición definitiva.

El hormigonado de las juntas entre piezas en pi se configura para evitar el tecleo de las mismas durante la fase provisional y durante la fase definitiva (fig. 11). La aplicación de la impermeabilización superficial de tablero se realiza inmediatamente después de la colocación de un número suficiente de piezas en pi y su sellado entre ellas (fig. 12).

El armado y encofrado de las vigas laterales tiene su enjundia en la conjunción de los armados de postesado longitudinal, las armaduras pasivas y las esperas de las piezas en pi (fig. 13).

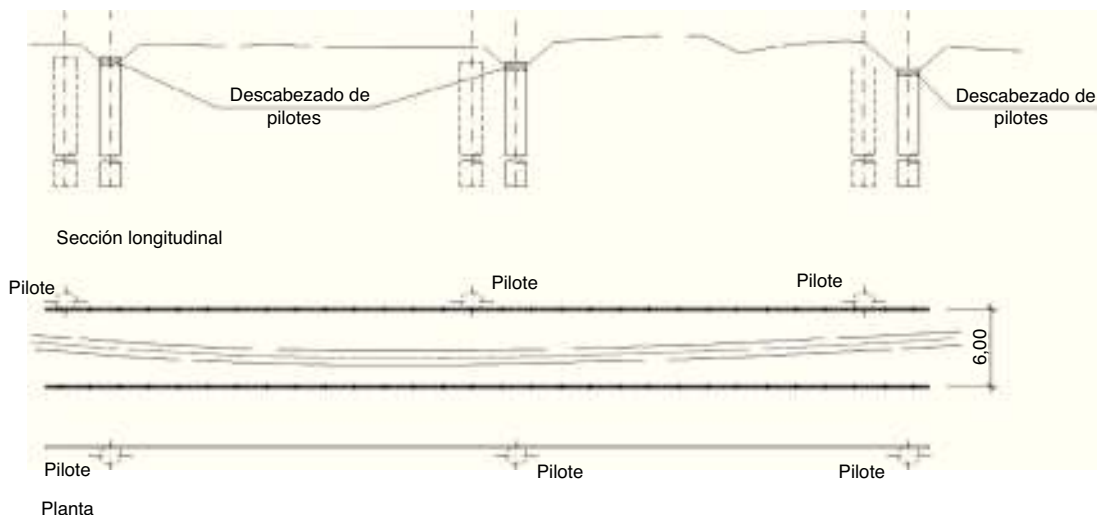


Figura 6. Ejecución de pilotes.

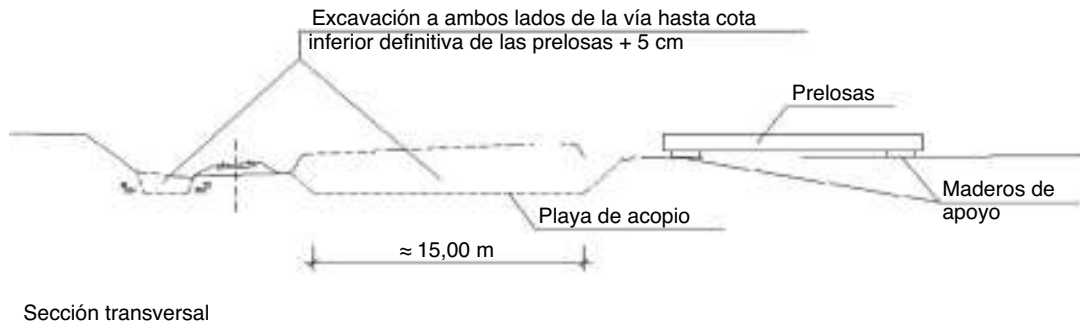


Figura 7. Acopio de piezas en pi.

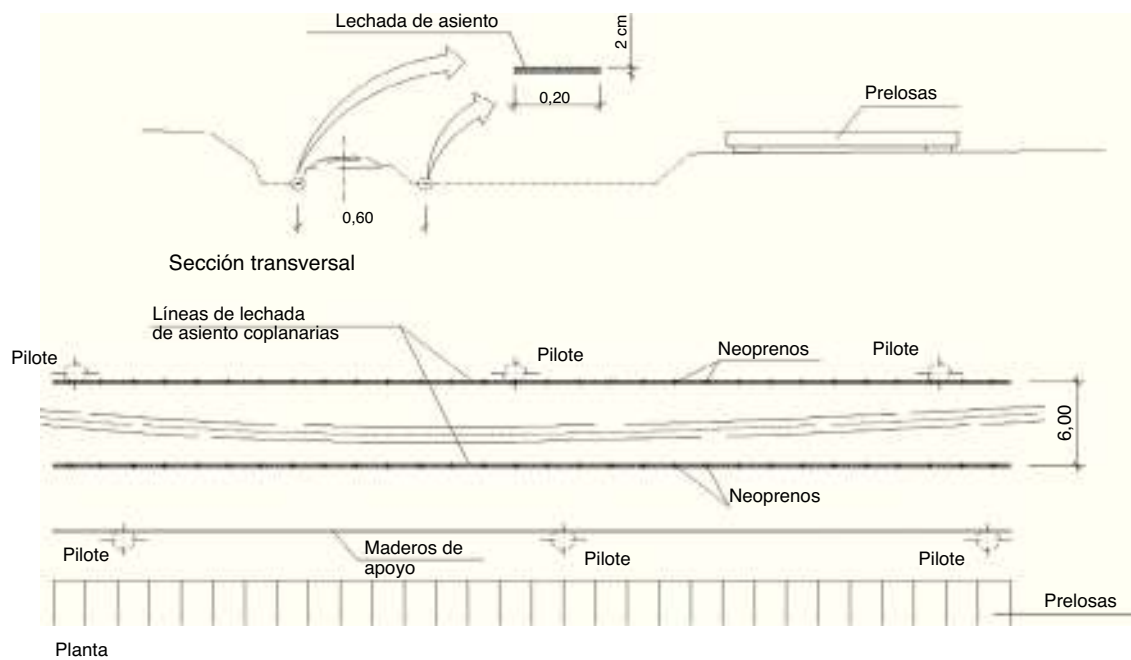


Figura 8. Líneas de lechada de asiento sobre el terreno rocoso en forma de zapata corrida.

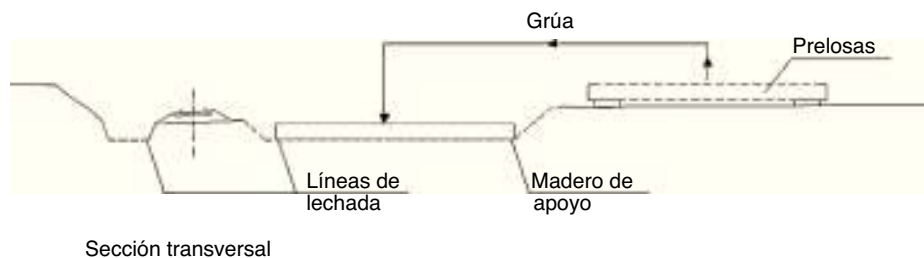


Figura 9. Colocación de piezas en pi antes de su colocación bajo vía

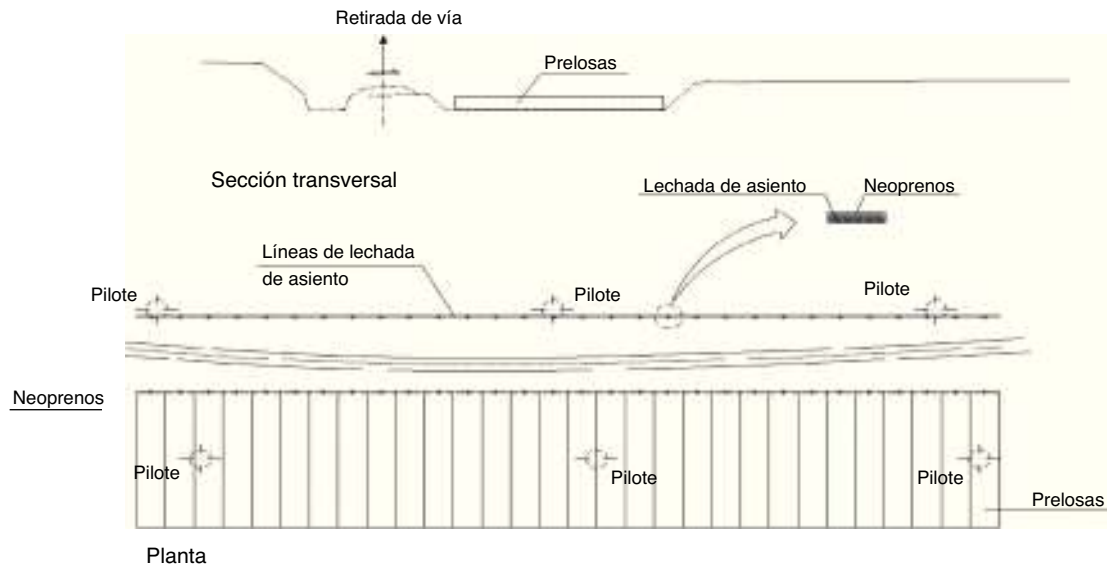


Figura 10. Retirada de la vía y del balasto para colocación de piezas en pi y restitución de balasto y vía sobre ellas.

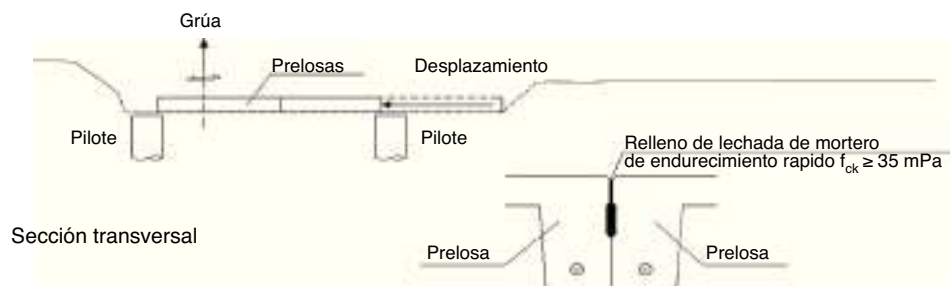


Figura 11. Colocación de las piezas en pi sobre las vigas corridas.

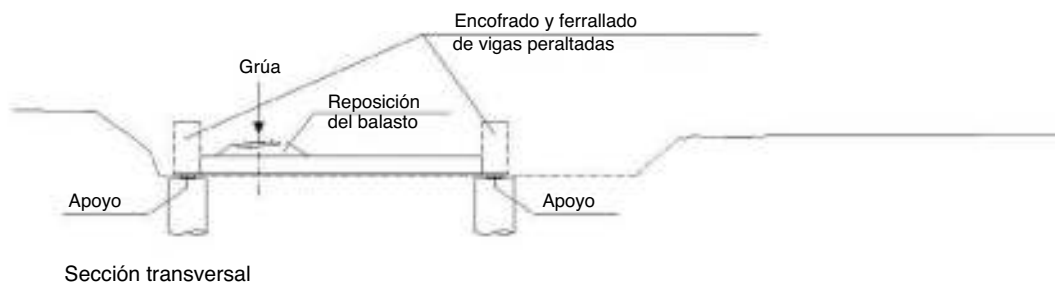


Figura 12. Ejecución de vigas peraltadas con vía en servicio. Impermeabilización bajo balasto.

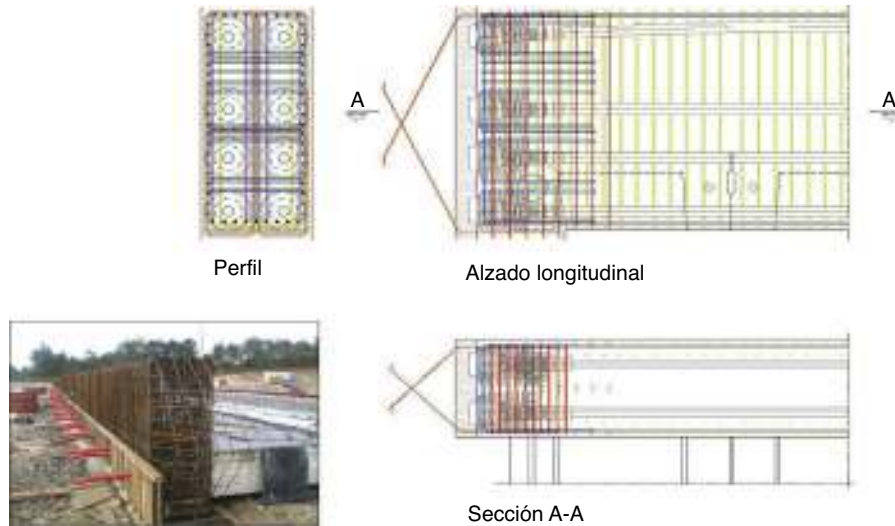


Figura 13. Armado de vigas peraltadas, donde se puede observar la gran cantidad de armado en zona de anclajes.

La razón fundamental de la utilización de hormigones de gran capacidad resistente solo tiene su razón de ser si se cuidan los espacios para el correcto hormigonado y vibrado de las vigas.

Para mayor simplicidad de los armados, se opta por el pretensado longitudinal recto, lo que aumenta su cuantía favoreciendo su constructibilidad.

El programa de postesado es fundamental en el sistema constructivo. La longitud de cada una de las familias de postesado transversal es suficientemente corta como para que solo se tese desde un extremo, por lo que se decide disponer un anclaje pasivo a un lado y otro activo en el contrario (fig. 14).

También por la facilidad a la hora de mover los equipos de tesado se decide tesar solo desde uno de los lados del viaducto, en lugar de alternativamente.

El postesado transversal (fig. 15) ha de inyectarse antes de la ejecución del postesado longitudinal porque, si se hiciera al revés, las fuerzas actuarían sobre la sección transversal de la

viga longitudinal disminuida por las vainas de inyección del postesado transversal.

El postesado de vigas transversales se puede realizar con una resistencia característica a compresión menos exigente que la que necesita el tesado de las vigas longitudinales.

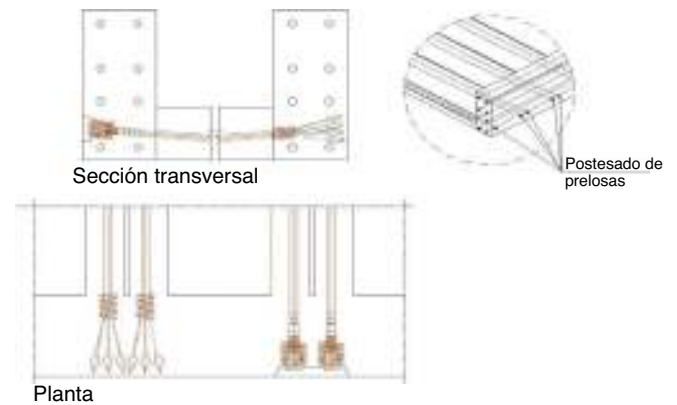


Figura 15. Postesado transversal de las piezas en pi; a la izquierda, el anclaje pasivo; a la derecha, el anclaje activo.



Figura 14. Hormigonado de vigas peraltadas.

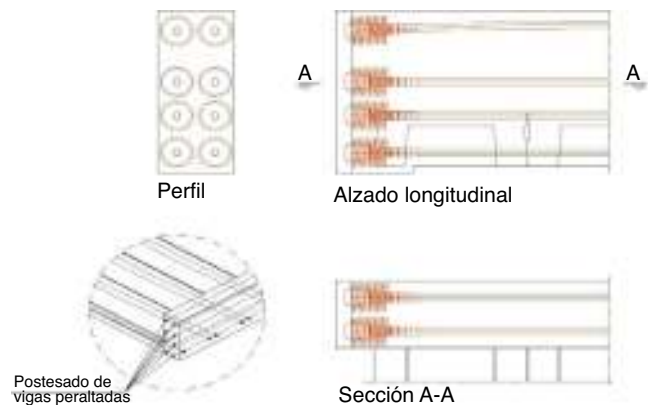


Figura 16. Postesado longitudinal de las vigas longitudinales.

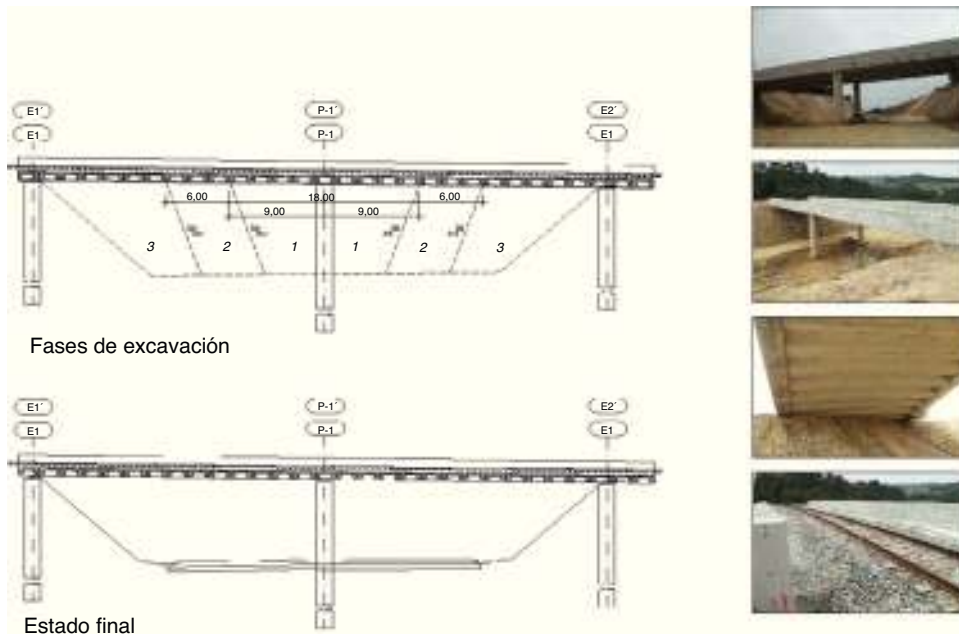


Figura 17. Excavación bajo tablero.

El detalle de armado de los anclajes transversales debe tener en cuenta que los detalles comerciales se deben revisar mediante comprobaciones técnicas adicionales, ya que todas las certificaciones de los mismos suponen que la carga de postesado se realiza sobre un macizo de hormigón, lo que no es cierto en este caso por la cercanía de las vainas de postesado longitudinal huecas en el momento del tesado.

El postesado de las vigas longitudinales se realiza cuando se alcanza f_{ck} , teniendo en cuenta que la resistencia de la lechada de inyección del postesado transversal va a ser la determinante para establecer el plazo de tesado.

De nuevo, el detalle de anclaje de las vigas longitudinales se tiene que cuidar en los extremos al objeto de conjugar los

armados de la viga con los armados locales de anclaje transversal y los armados de anclaje de postesado longitudinal inferior (fig. 16).

El orden de postesado de las 8 familias por viga del puente ha de realizarse por fases perfectamente estudiadas para que la resultante de la compresión se mantenga siempre dentro del núcleo central de la sección rectangular o, como mucho, permitiendo ligeras tracciones siempre menores a la resistencia característica a tracción del hormigón tesado en el momento dado.

El estado final del postesado mantiene la resultante de la fuerza de postesado dentro del núcleo central (fig. 17).

Tras la finalización del tablero se realiza la excavación ordenada del terreno bajo dicho tablero (fig. 18), lo que hay que hacer



Figura 18. Estado tras la excavación.

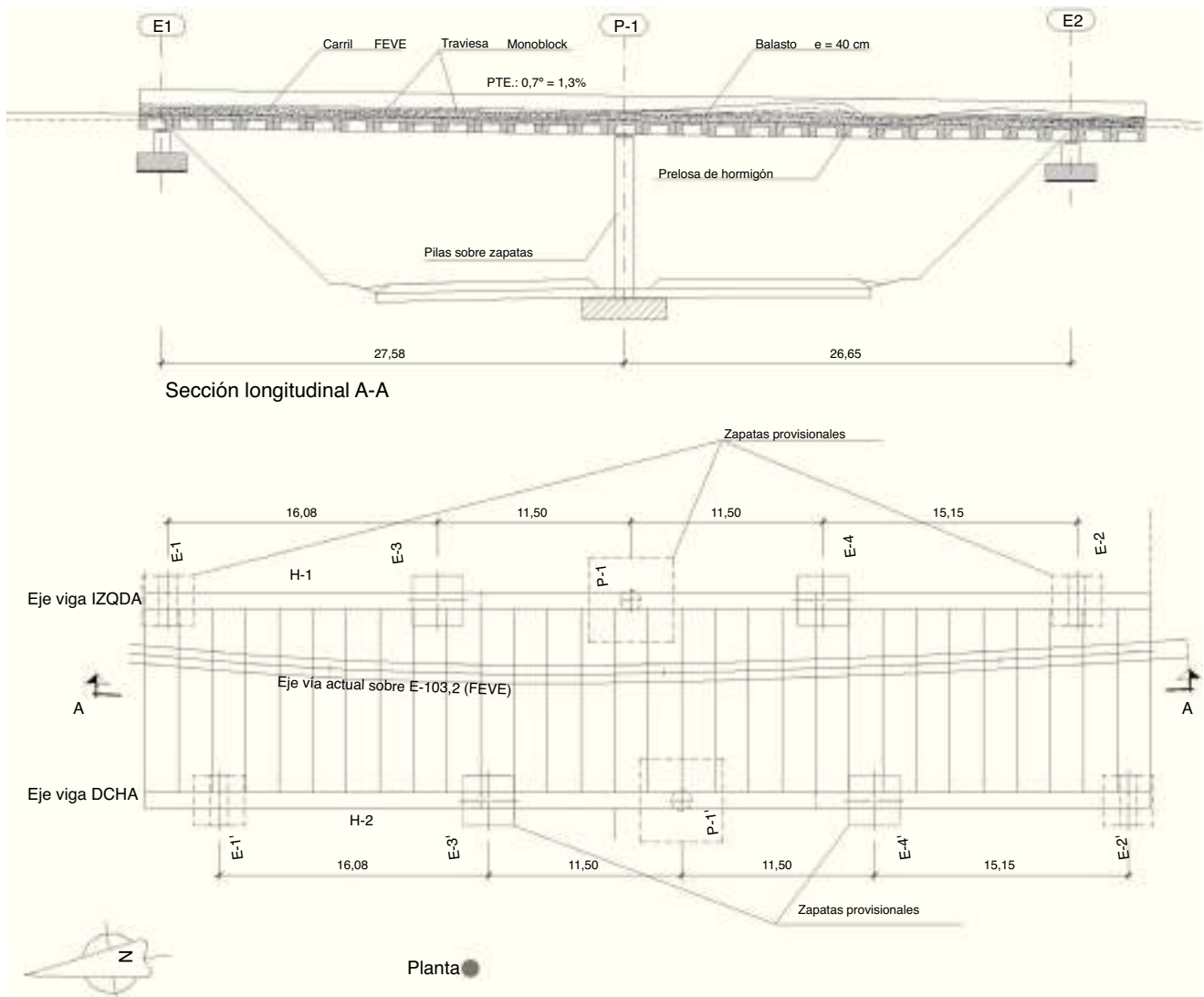


Figura 19. Solución con cimentación superficial.

de forma que no se generen esfuerzos no considerados en la envolvente. Una de las razones de que el postesado sea sensiblemente centrado es que durante esta operación, el tablero podría quedar apoyado en zonas de centro de la luz, lo que conllevaría flectores inversos a los de servicio.

Tras la excavación se procede a la ejecución del tronco de autovía bajo el viaducto.

4. Procedimiento constructivo alternativo

La razón de ser del postesado recto de las vigas longitudinales tiene parte de su justificación en la interacción con el postesado transversal. Pero existen además otras razones asociadas a procedimientos constructivos alternativos al que se adoptó de forma definitiva.

La figura 19 presenta una de las soluciones alternativas que se estudiaron en obra y que permitía ahorrar en la cimentación al proyectarla superficial. La ejecución en último término de la pila en este procedimiento alternativo obligaba a un procedimiento

constructivo variante que generaba momentos constructivos opuestos a los de servicio.

En la figura 19 se puede observar que la disposición de 2 parejas de zapatas provisionales permite, mediante el ligero cambio del procedimiento constructivo descrito en la figura 20, ahorrar en la estructura a cambio de aumentar ligeramente la complejidad de las fases ejecutivas.

De estas es importante resaltar que la zona de tablero correspondiente a las pilas centrales definitivas cuyo trabajo en servicio es a negativos, antes de su ejecución, obligan a resistir momentos positivos de las vigas ante el paso ferroviario.

5. El diseño estructural: sus herramientas

Las 5 herramientas fundamentales del diseño que permiten evolucionar las tipologías estructurales son:

- El dibujo de formalización.
- El procedimiento de cálculo.
- La elección de los materiales utilizados.

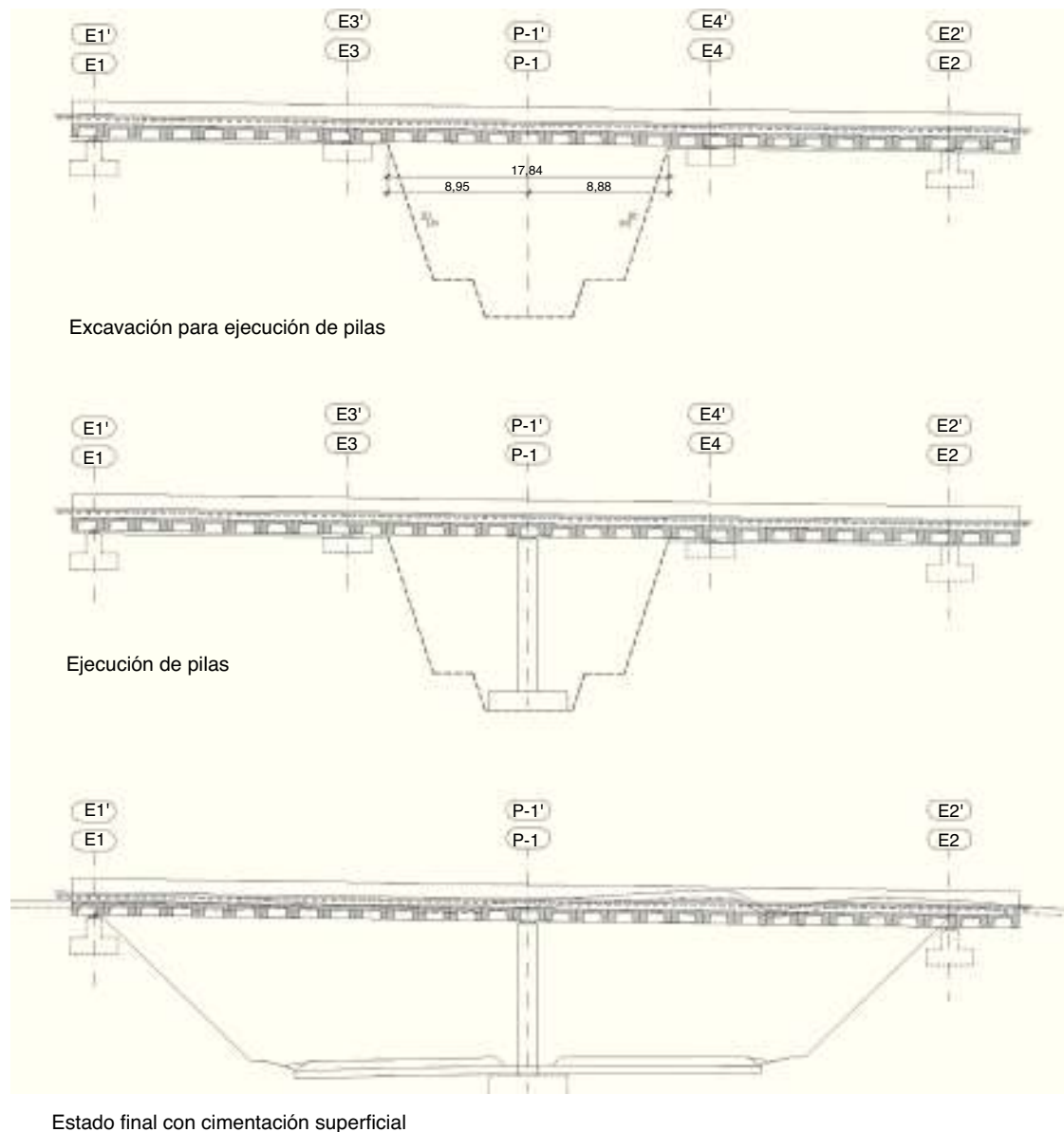


Figura 20. Variación del procedimiento constructivo con cimentación superficial.

- El procedimiento constructivo.
- El procedimiento de fabricación industrial.

La primera de las herramientas, el dibujo de formalización, es dominada por los arquitectos mejor que por los ingenieros, dado que la formación ingenieril en lenguaje gráfico se centra en su lectura, interpretación, copia y reinterpretación, pero no en su creación. Haciendo un parangón con el lenguaje escrito, el arquitecto es el escritor y el ingeniero, el crítico literario, lingüista y lector.

Los procedimientos de cálculo derivados del lenguaje matemático y del programático, que tanto han evolucionado desde la aparición del computador, son dominados por los ingenieros y permiten la realización de ensayos virtuales que anticipan la validez y la seguridad del diseño. Dichos procedimientos han evolucionado hacia un menor tiempo de cálculo y un mayor

tiempo en la introducción de datos y en la modelización, por lo que la tendencia es a fusionar el programa de dibujo y el de cálculo. Y esta sistematización conjunta es imparable, aunque no debería olvidarse la necesidad de seguir creando y conservar pequeñas herramientas de comprobación que requieran poco tiempo en su manejo y gran fiabilidad en sus resultados.

La elección de los materiales ni siquiera es muchas veces tenida en cuenta de forma consciente en el día a día, pero es la herramienta que permite las grandes revoluciones tipológicas a largo plazo. Como ejemplo actualizado de esta herramienta cabe destacar los hormigones de última generación de alta resistencia autocompactables. Sin este material, el correcto hormigonado de las vigas longitudinales del viaducto de Navia, tan fuertemente armadas, no hubiera podido realizarse en las dimensiones dadas. Un nuevo material permite siempre nuevas aplicaciones [3].

Tabla 1
Soluciones variantes derivadas

Elemento estructural	Tipologías estructurales		
	Solución base	Solución 1	Solución 2
Tablero	Piezas prefabricadas	Piezas prefabricadas	Piezas prefabricadas
Armado transversal	Postesado	Postesado	Pretensado
Trazado activo transversal	Parabólico	Parabólico	Recto
Conexión entre vigas lg-tr	In situ	In situ	In situ
Vigas longitudinales	In situ	Prefabricadas	Prefabricadas
Armado a positivos	Postesado	Pretensado/postesado	Pretensado/postesado
Armado a negativos	Postesado	Postesado	Mixto

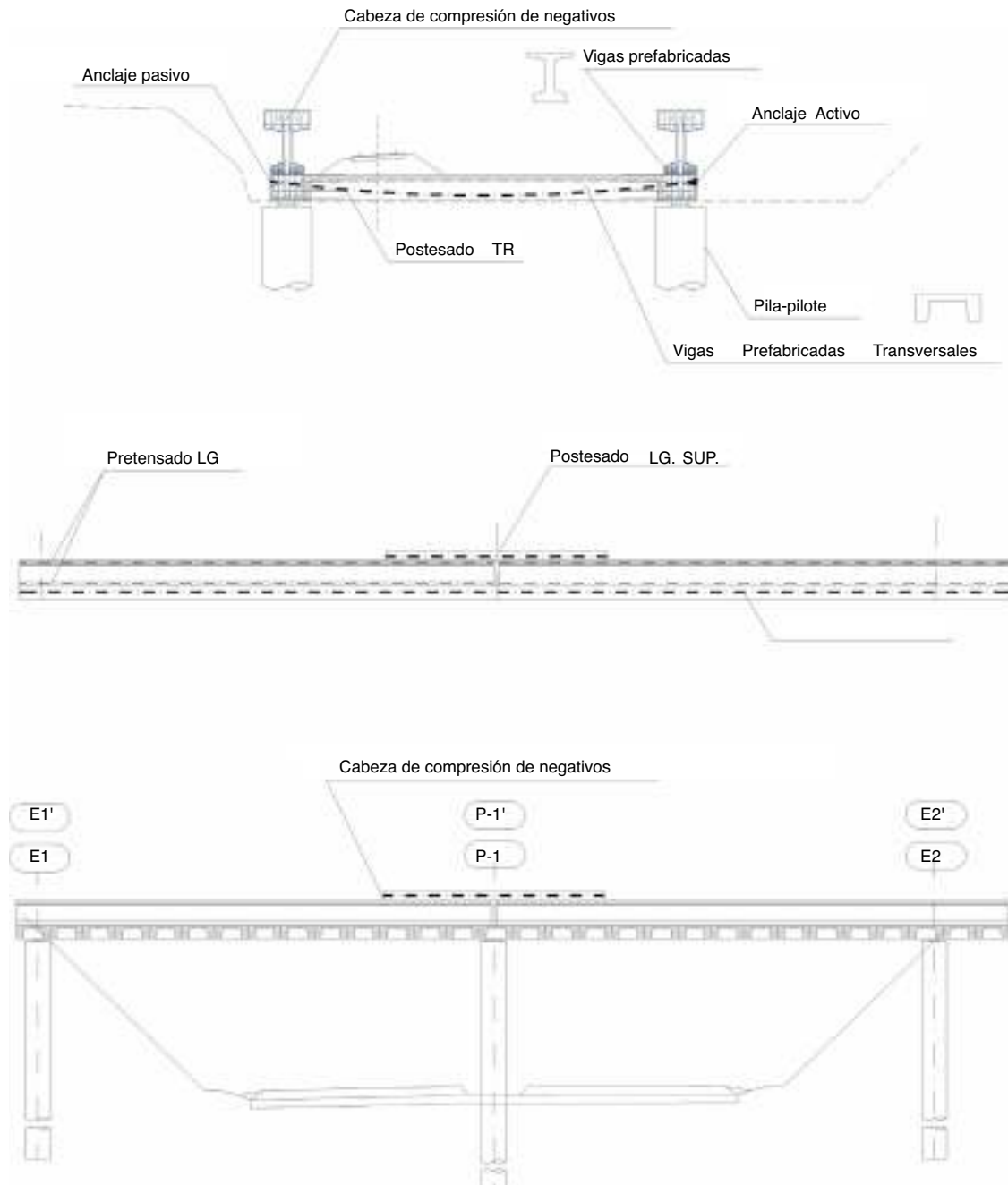


Figura 21. Variante solución 1 con viga longitudinal prefabricada. Esquema conceptual.

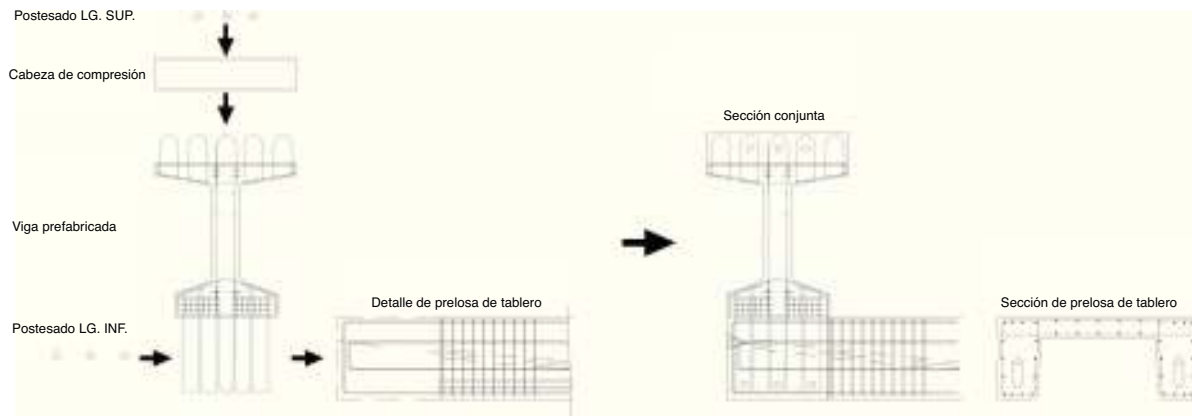


Figura 22. Variante solución 1 con viga longitudinal prefabricada. Sección constructiva.

Las 2 últimas herramientas, el procedimiento constructivo y el procedimiento de fabricación industrial, son las que permiten una mayor creatividad y posibilidades de evolución desde el punto de vista de la ingeniería si se consideran a la vez que el proyecto y el cálculo. Un nuevo procedimiento constructivo puede generar nuevas tipologías estructurales [4,5].

La especialización profesional hace que estas 5 herramientas —las 2 primeras fusionadas— sean recintos cada vez más estancos entre ellos: el dibujo y el cálculo en la consultoría, los materiales se desarrollan en centros de investigación, el procedimiento constructivo en las contratatas y el de fabricación en las industrias y subcontratatas especializadas.

El trabajo en equipo resulta cada vez más importante para la concepción de las obras y su procedimiento constructivo, pero si desde el proyecto se considera el procedimiento constructivo, el resultado es siempre mucho más rentable a las partes.

El funcionamiento adecuado de la obra en servicio se considera el fin último de una construcción, por lo que es habitual, en proyecto, definir la estructura definitiva en servicio, considerando al menos un procedimiento constructivo conocido, sabiendo que las variantes del mismo pueden ser múltiples.

Se deja así a la empresa constructora el desarrollo de la definición de las fases ejecutivas fundamentales para la consecución del éxito. Desde nuestra experiencia, el diseño estructural no se debe concebir sin la definición del procedimiento constructivo y su inclusión en dicho diseño. Es más, *la estructura se calcula como se construye, no como se dibuja en estado final*. Este viaducto de Navia, de geometría cartesiana, es un bello ejemplo.

El diseño estructural en proyecto alcanza un grado de excelencia, en opinión del autor, cuando el procedimiento constructivo definido en proyecto no puede ser variado. Este debe ser un reto del proyectista.

La sanción crítica del constructor al procedimiento constructivo es la que valida la *ética económica de la obra*.

Mucho menos frecuente es la consciencia del constructor, impedido por el ejercicio de la gestión, de que *la belleza de la obra también está en el procedimiento constructivo*. Los cada vez más abundantes documentos de seguimiento del histórico del procedimiento constructivo a través de fotos y vídeos es un ejercicio de educación y formación que permite ir ganando

cotas de conciencia profesional y de divulgación a la sociedad del esfuerzo que se realiza en toda obra.

En el caso que nos ocupa, las 5 herramientas del diseño del viaducto de Navia han estado trabajando al unísono entre consultoría, contrata e industrias suministradoras.

6. Tipologías estructurales derivadas

De este trabajo realizado en el viaducto de Navia se deriva alguna tipología estructural variante inspirada en la obra realizada y que pasa a describirse conceptualmente a continuación.

La [tabla 1](#) recoge las tipologías básicas que pueden combinarse para formalizar soluciones variantes:

La solución base ya está explicada, pero como soluciones hay dos alternativas que se describen a continuación:

En la [figura 21](#) se esboza la solución 1, variante de la ejecutada en la que se emplean más medios prefabricados. En concreto se utilizan vigas prefabricadas longitudinales con conexión a negativos sobre pilas con capas de compresión superior, y a positivos y aprovechando la unión entre piezas prefabricadas de tablero y las vigas longitudinales en el pie de las vigas prefabricadas. El armado transversal sigue siendo a través de un postesado transversal. El postesado de negativos se reduce a la zona donde se dan estos esfuerzos.

La [figura 22](#) recoge la sección constructiva tipo y cómo se resuelve la unión entre las piezas de tablero y las vigas prefabricadas. En esta solución existe una discontinuidad en el alma de las vigas longitudinales en la zona de apoyo de pilas, ya que se diseña la unión para que el cortante descansa encima de la pila a través del hormigón in situ de conexión entre tablero y vigas longitudinales. También hay que destacar que el postesado inferior debería ser de simple atado y continuidad, dado que en las zonas de negativos podría ser perjudicial.

De la sección constructiva también se infiere la importancia de definir bebederos para el hormigonado a posteriori del hormigón in situ del pie de las vías longitudinales, de aquí la importancia de la utilización de hormigón autocompactable, dado que el patín interior impide el vibrado.

La viga longitudinal tiene definidas esperas tanto en su cabeza superior como en su cabeza inferior, pero unas u otras pueden

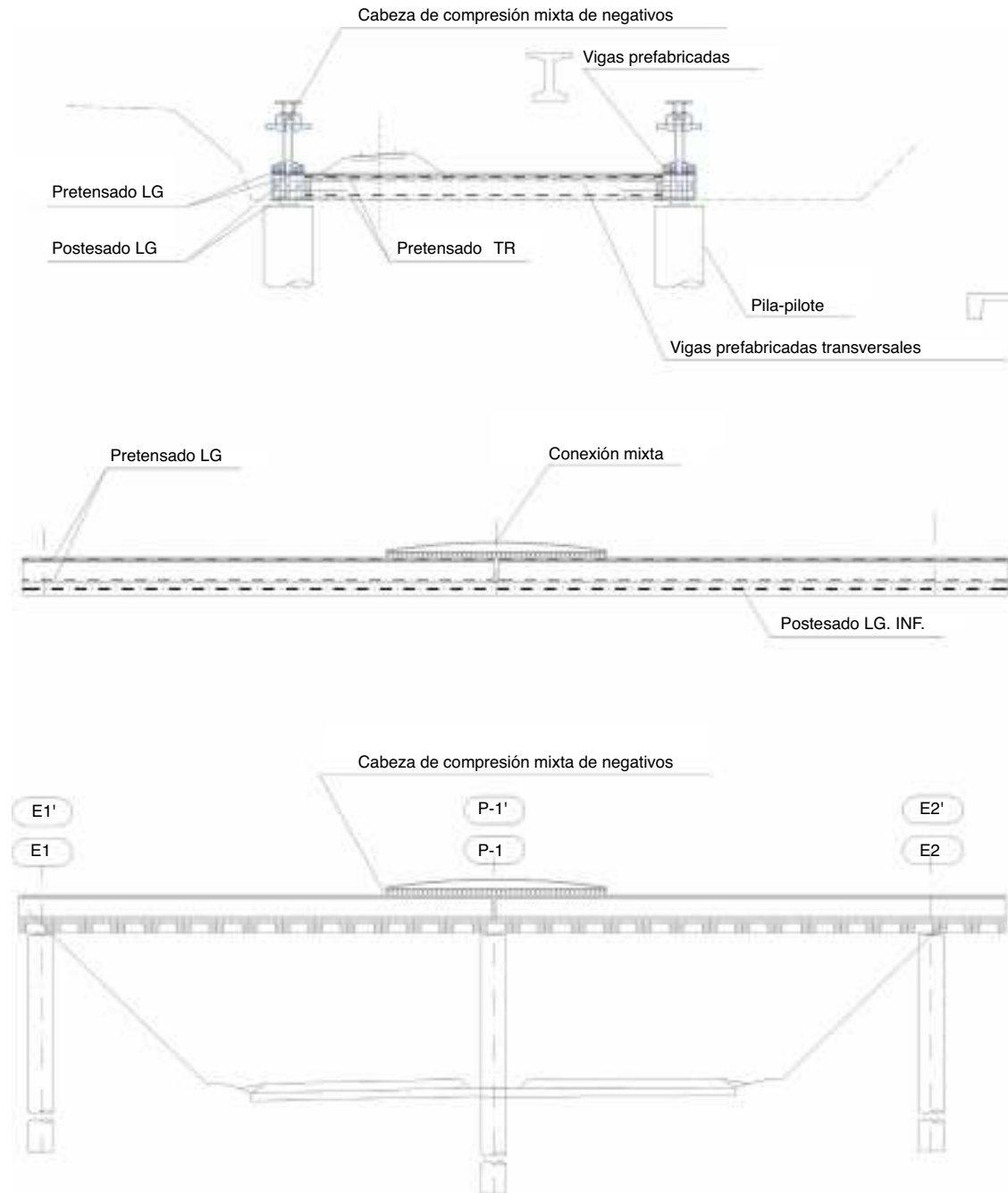


Figura 23. Variante solución 2 con viga longitudinal prefabricada. Esquema conceptual.

ser sustituidas por conexiones mixtas compatibles con los procedimientos habituales de prefabricación, en lugar de acudir a soluciones a través de manguitos embebidos en encofrados.

En la figura 23 se avanza la solución 2, variante de la ejecutada, en la que se emplean todavía más medios prefabricados. En concreto se utilizan vigas prefabricadas longitudinales con conexión a negativos sobre pilas con perfiles metálicos superiores conectados. También se dispone un postesado a positivos aprovechando la unión con hormigón in situ entre piezas prefabricadas de tablero y las vigas longitudinales en el pie de las vigas prefabricadas. En función del dimensionamiento, el

postesado inferior podría eliminarse si el estado de fisuración en servicio fuera adecuado.

En esta nueva solución, el armado activo transversal pasa a ser un pretensado, con el consiguiente ahorro de tiempos y tajos de ejecución en obra. El postesado de negativos se reduce a la zona donde se dan estos esfuerzos.

Los problemas industriales de fabricación de las vigas longitudinales son análogos a los que tiene la solución 1.

La figura 24 recoge la sección constructiva tipo de la solución 2 así como la manera de resolver la unión entre las piezas de tablero y las vigas prefabricadas.

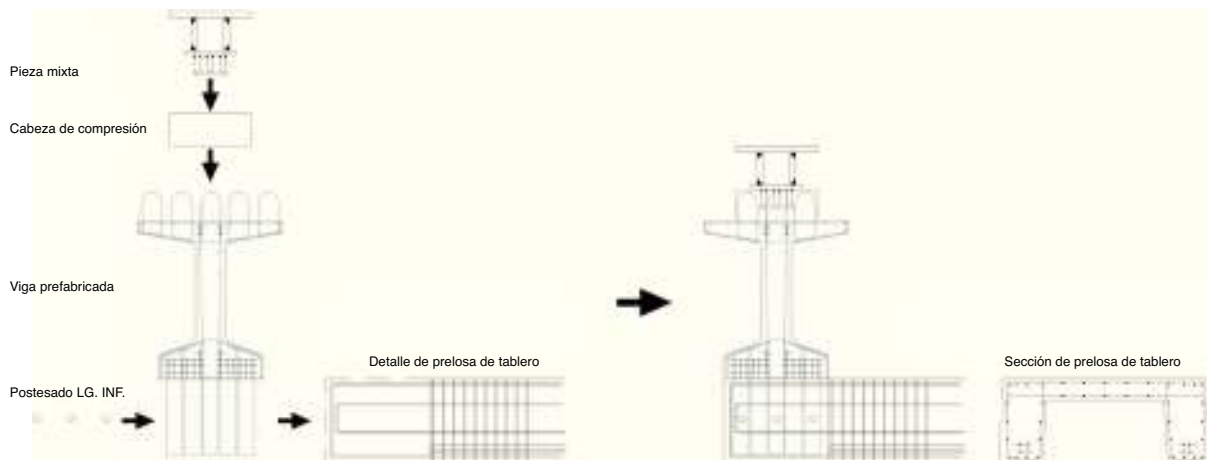


Figura 24. Variante solución 2 con viga longitudinal prefabricada. Sección constructiva.

En esta solución también existe una discontinuidad en el alma de las vigas longitudinales en la zona de apoyo de pilas, ya que se diseña la unión para que el cortante descansa encima de la pila a través del hormigón in situ de conexión entre tablero y vigas longitudinales que a su vez descansa en el apoyo.

El postesado inferior debería ser de simple atado y continuidad, dado que en las zonas de negativos es perjudicial al aumentar la compresión en las vigas longitudinales.

De la sección constructiva se infiere también la necesidad de bebederos para el hormigonado a posteriori del pie de las vías longitudinales.

Igualmente se observa la necesidad de resolver en taller de prefabricación las esperas a cortante necesarias para la conexión con las armaduras longitudinales.

7. Conclusiones

Este nuevo sistema para la ejecución de viaductos bajo vía férrea existente se ha mostrado eficaz en su aplicación al viaducto de Navia, permitiendo realizar, económicamente y en plazo, la ejecución de dicho viaducto, afectando mínimamente al tráfico preexistente sobre su vía y presentándose como una posible alternativa a cajones hincados si las condiciones así lo permiten.

Existen diversas variantes posibles en cuanto a utilización de materiales, empleo de elementos prefabricados, etc., algunas de las cuales se han presentado conceptualmente en este artículo, de modo que la solución empleada finalmente en el viaducto de Navia es la que se consideró más adecuada con las condiciones de contorno existentes, pero no es más que una de las posibilidades que ofrece la metodología.

La idea conceptual de este sistema puede desarrollarse en otros tipos estructurales, de modo que queda la puerta abierta para que, con las necesarias adaptaciones y un desarrollo específico, se pueda extender a tableros continuos prefabricados.

8. Relación de participantes

Nombre de la obra	Autovía del Cantábrico. Tramo: Navia-Tapia de Casariego
Nombre de la estructura	Paso superior del ferrocarril de FEVE
Propiedad	Ministerio de Fomento
Proyecto de la estructura	INGETURARTE S.L. Jorge Aparicio García
Empresa constructora	DRAGADOS S.A.
Jefe de obra	Vicente Pérez Pérez
Jefe de Oficina Técnica	Carlos Hipólito Fernández Brin
Jefe de Producción	Luis García-Arango Veiga
Dirección técnica	Luis Peset González/Juan Jesús Álvarez Andrés/Luis Sopeña Corvinos
Asistencia técnica a la dirección de obra	APIA XXI
Asistencia técnica a la obra	INGETURARTE S.L. Jorge Aparicio García
Pretensado	ICQ Manuel Alves

Bibliografía

- [1] Ministerio de Fomento, Instrucción sobre las acciones a considerar en los puentes de ferrocarril. Orden FOM/3671/2007, Ministerio de Fomento, Madrid, 2007.
- [2] Ministerio de Fomento, Instrucción de Hormigón Estructural — EHE-08, 2.ª ed., Ministerio de Fomento, Madrid, 2009.
- [3] Garrido Hernández A. (Coordinador). Hormigón autocompactable. Hormigón y Acero, 228 y 229, 2003, p. 133-166.
- [4] J.J. Álvarez Andrés, L. Peset González, J. Aparicio García, L. Sopeña Corvinos, Ampliación y reparación de la calzada derecha del Viaducto de la Jarosa, V Congreso de ACHE, Barcelona, 2011.
- [5] L. Peset González, J.J. Álvarez Andrés, L. Sopeña Corvinos, J. Aparicio García, Un nuevo método de rehabilitación y ampliación de dinteles en puentes de vigas. Aplicación al viaducto de la Jarosa. Nuevas tipologías inferidas 63 (2012) 7-30.