

Construcción de la Cubierta No Singular en la Estación de La Sagrera (Barcelona)

Construction of the Non-Singular Roof at La Sagrera Station (Barcelona)

Juan de Dios Arévalo Amezcua ^a, David Martínez Moral ^b, Javier Carrascal Pérez ^c y

Luis Carrillo Alonso ^d

^aIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. UTE Estructura AVE Sagrera (Dragados, Acciona, Comsa, Acsa). Oficina Técnica.

jdarevalo@acciona.com

^bIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Molins Precast Solutions. Responsable Técnico Obra Civil.

david.martinez@molins.es

^cIngeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Ingeniero Senior Estructuras.

franciscojavier.carrascal.perez@acciona.com

^dDr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Acciona Ingeniería. Jefe de Estructuras de Obra Civil y Puentes.

luis.carrillo.alonso@acciona.com

RESUMEN

La Cubierta No Singular de la Estación de la Sagrera en Barcelona abarca un total de 26700 m² y soportará el futuro parque del Camí Comtal. El Proyecto inicial del edificio esbozaba una solución con prefabricados, pero hubo que adaptarlo debido a las limitaciones del proceso de ejecución y nuevos requerimientos, sin perjudicar a la parte ya construida ni alterar el aspecto arquitectónico de la estación. Para ello, se desarrolló un proceso constructivo evolutivo combinando el prefabricado con partes ejecutadas in situ, que racionalizaba el enlace entre elementos, controlado con herramientas BIM. Además, se definió una solución prefabricada para los lucernarios.

ABSTRACT

The Non-Singular Roof at La Sagrera Station in Barcelona covers a total of 26700 m² and will support the future Camí Comtal park. The initial project for the building outlined a solution using precast elements, but it had to be adapted due to the limitations of the execution process and new requirements, without damaging the already built part or altering the architectural appearance of the station. To do this, a staged construction process was developed combining precast elements with parts executed on site, which rationalised the connection between elements, controlled with BIM tools. In addition, a precast solution was defined for the skylights.

PALABRAS CLAVE: cubierta, forjado, prefabricado, pretensado, construcción evolutiva, BIM.

KEYWORDS: roof, slab, precast, prestressed, staged construction, BIM.

1. La estación de La Sagrera

La futura estación de La Sagrera se encuentra situada entre los barrios de Sant Martí y La

Sagrera, en Barcelona, y se convertirá en uno de los principales intercambiadores multimodales

de España ofreciendo los servicios de alta velocidad, cercanías, metro y autobuses urbanos e interurbanos. Se estima que su tráfico será superior a los 100 millones de pasajeros por año.

Se ha concebido como una estructura semienterrada de 5 niveles con una planta de aproximadamente 547x85 m²; en el nivel inferior aloja cercanías y los dos niveles intermedios conforman el vestíbulo de pasajeros en la zona central, quedando los extremos destinados a aparcamientos e instalaciones propias de la infraestructura ferroviaria de alta velocidad. En el nivel superior, se encuentran las 8 vías de alta velocidad y sobre ellas la cubierta (Figura 1)



Figura 1. Vista exterior de la estación.

La estructura de la cubierta es uno de los puntos más destacables del Proyecto: formará parte de un nuevo eje vertebrador de la ciudad facilitando la permeabilidad entre los barrios adyacentes y constituirá, al mismo tiempo, una parte del futuro parque del Camí Comtal, así como la continuación de la calle Garcilaso.

2. Proyecto de la cubierta [1]

Se define una zona central sobre los andenes de alta velocidad como Cubierta Singular de 230 m, y, a ambos lados, aparecen dos áreas de 192 y 125 m, que es a los que nos referimos como Cubierta No Singular (Figura 2).



Figura 2. Cubierta No Singular (sombreado en verde). Estado de las obras en agosto de 2024.

A continuación, se muestra una sección transversal de la estación, extraída del Proyecto (Figura 3).

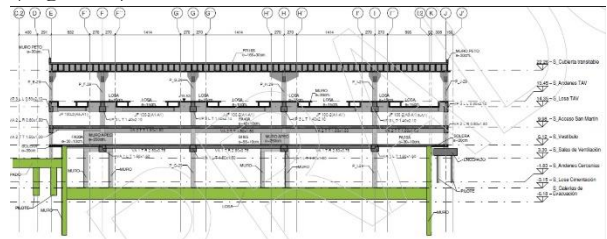


Figura 3. Sección transversal de la estación, eje 29.

En general, las cargas se reducen a las debidas a 1.50 m de tierras, con densidad 20 kN/m³, más una sobrecarga uniforme de 5 kN/m², aunque, en la prolongación de la calle Garcilaso, la sobrecarga se sustituye por cargas de tráfico de carreteras [2].

La cuadrícula de pilares tipo alcanza 16 m, según el eje mayor de la estación, y 20 m, según el menor, y se organiza con jácenas según la dirección menor, que soportan vigas apoyadas a media madera o colgadas, de modo que, tanto jácenas como vigas, ofrecen un aspecto de techo plano (Figura 4).



Figura 4. Vista inferior aspecto de “techo plano”, modelo BIM y estructura terminada.

Cada aproximadamente 48 m (es decir, 3 vanos) se define una junta de dilatación. La configuración inicialmente prevista en el Proyecto contemplaba las siguientes tipologías, todas ellas prefabricadas (Figura 5):

- Jácenas rectangulares en junta dilatación: doble viga 75x195 cm con hasta 96 cables ø15.2 mm, de hasta 19.4 m y 72 t de peso.
- Jácenas tipo: T invertida 300x165 cm con hasta 357 cables ø15.2 mm, de hasta 22.5 m y más de 200 t de peso.
- Vigas: TT invertida 250x165 cm, de hasta 16.1 m y unas 42 t de peso.

Las vigas TT apoyaban a media madera sobre las jácenas tipo y se disponía una losa de

compresión sobre ellas de 30 cm de espesor. En cambio, sobre los extremos con junta de dilatación, se colgaban de las jácenas rectangulares mediante barras postesadas verticales (Figura 6), salvo en algún caso, en el que se empleaba una jácena tipo 'T' invertida que se dividía en dos, suscitando un refuerzo para evitar su giro.

Las jácenas de junta de dilatación no requerían capiteles sobre los pilares, dobles en esos ejes, pero “asomaban” hasta 105 cm por encima de la capa de compresión, reduciéndose el espesor de tierras sobre ellas.

Por otra parte, se preveía la ejecución in situ de la parte de forjado que generaban los lucernarios, huecos de 8x8 m, dentro del recuadro tipo de 16x20 m entre pilares.

La normativa de Proyecto era EHE-08 [3].

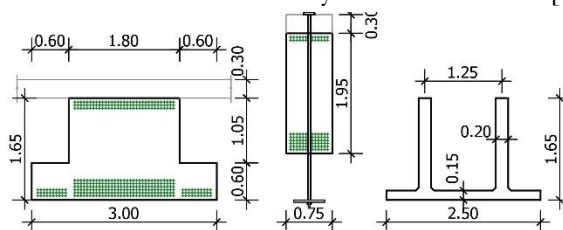


Figura 5. Secciones transversales de los elementos principales definidos en el Proyecto.

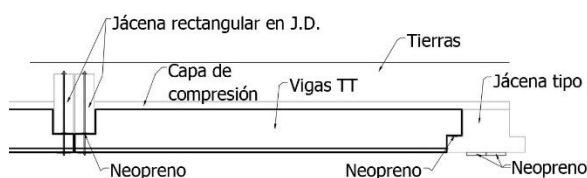


Figura 6. Detalle general de apoyo de vigas en Proyecto.

3. Aspectos que había que resolver

En el momento de la intervención en esta parte de la estructura, se había terminado el nivel del vestíbulo principal y se estaban ejecutando los niveles de aparcamiento y de alta velocidad. Por encima de este último se sitúa la Cubierta. Es decir, que el edificio, en general, se construye por niveles horizontales.

Por otra parte, la planificación de la obra incluyó unos plazos muy exigentes.

Teniendo esto en cuenta, así como las dimensiones extraordinarias del edificio, se hizo imprescindible definir con todo detalle una solución que permitiera:

3.1 Industrializar al máximo la ejecución

Teniendo en cuenta lo ya construido o en proceso de construcción, se debía trasladar, en la medida de lo posible, la ejecución de la estructura (incluidos los lucernarios) a una fábrica (o varias) con la capacidad suficiente, unificando y simplificando las tipologías de piezas a emplear.

3.2 Adaptar la logística y el rendimiento de montaje

La capacidad de fabricación debía poder ajustarse de acuerdo con el espacio de acopio disponible y las exigencias de avance de la obra, y se debía facilitar el movimiento de material contemplando el acceso al núcleo urbano.

Pero, al mismo tiempo, era muy importante un control detallado del avance de la fabricación y del montaje, sin perder la trazabilidad de todos los componentes.

3.3 Acceder con vehículos de transporte y situar grúas en el forjado del nivel de alta velocidad

Esto obligaba a controlar y limitar las cargas generadas (es decir, los pesos de las piezas y los radios de trabajo de las grúas), así como las posibles ubicaciones, en general, en “pasillos” entre los andenes de las vías de alta velocidad.

3.4 Resolver aspectos pendientes de definición o nuevos condicionantes aparecidos durante la obra

Por ejemplo, estaba pendiente la definición de:

- Vigas en 'TT' invertida y sus encuentros con las jácenas.
- Encofrado perdido sobre ellas.
- Interferencia con el resto de la cubierta.
- Lucernarios.
- Algunas juntas de dilatación.

Y, por otra parte, aparecieron:

- Incrementos de la carga a soportar en zonas de lucernario.
- Necesidad de definir dos fases de ejecución, dejando en servicio aproximadamente un 60% de la Cubierta en una primera fase.
- Colectores de aguas pluviales, a priori embebidos en el canto del forjado.
- Junta de dilatación con apoyos especiales en el eje 13, interfaz entre la zona sur de la Cubierta No Singular y la Cubierta Singular.

4. Soluciones adoptadas

4.1 Vigas de forjado VSA

El forjado general se configura con vigas prefabricadas que denominamos VSA y una losa a ejecutar in situ. En la siguiente imagen, se muestra la sección de la viga tipo (Figura 7).

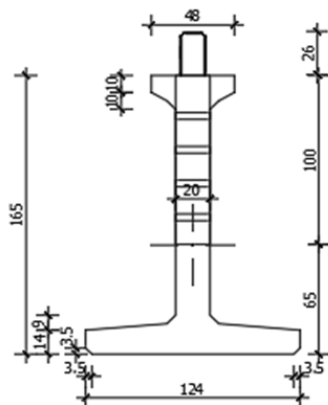


Figura 7. Sección transversal vigas VSA.

Esta viga reduce a menos de la mitad el peso de la viga prevista en el Proyecto, no solo por ser de la mitad de ancho modular, sino, sobre todo, porque no incorpora macizados extremos para apoyar a media madera o para colgarla, lo cual simplifica y unifica la solución.

El ancho elegido permite la fabricación en una bancada de pretensado sencilla con una capacidad de carga inferior a 200 t, que es muy moderada: las 1276 vigas VSA llevan el mismo pretensado de 10 cables $\phi 15.2$ mm inferiores y 2 alambres $\phi 5$ mm superiores.

Las vigas VSA se montan adosadas inferiormente y sus extremos apoyan a media madera sobre otras vigas que también quedan aproximadamente a la misma cota inferior (Figura 8):



Figura 8. Apoyo de vigas VSA. Modelo BIM y estructura en montaje.

El alma de la viga, de espesor 20 cm, se prolonga en su extremo para conformar el apoyo a media madera, sin variación de espesor. Esta zona quedará embebida en la sección de la jácena de apoyo, por lo que se elimina el ala superior de la VSA y se dejan unos huecos que permitan pasar las armaduras longitudinales de la futura jácena atravesando el alma de la viga.

Esto implica que las VSA quedarán con sus extremos embebidos en un hormigonado a ejecutar in situ (que forma parte de la jácena), por lo que pierde sentido disponer un apoyo elastomérico, lo que, en la práctica, supondría un punto de menor rigidez, obligando a que las cargas que se deberían trasladar por ese apoyo lo hicieran, en realidad, por cualquier otro lugar. Esto podría dar lugar, de hecho, a problemas en la media madera si las cargas se tienden a transmitir por la zona más extrema de la VSA, o en la jácena de apoyo, si tendieran a hacerlo por la parte más cercana a su borde.

Por este motivo, se ha previsto que las vigas se apoyen durante su montaje sobre elementos metálicos o sintéticos de rigidez

similar al hormigón, a los únicos efectos del montaje de estas piezas, perdiendo su función una vez que se hormigone la zona y, a la vez, se disponga una banda de material elástico de alta flexibilidad entre la VSA y el borde de la jácena, aislando la zona que puede resultar perjudicial.

En las VSA que apoyan sobre elementos diferentes a las jácenas prefabricadas, se mantiene el apoyo de neopreno, porque se respeta la configuración de Proyecto a fin de no afectar a elementos ajenos a este contrato.

Salvo en el eje 13, no hay juntas de dilatación en ninguna de esas alineaciones con neoprenos bajo VSA, de manera que no habrá desplazamientos relativos significativos entre las caras inferior y superior de los apoyos. Para el eje 13, se prevé una solución especial con apoyos de neopreno guiados, que, en la dirección de las VSA, permiten desplazamiento libre, pero, en la dirección de las jácenas, actúan con la rigidez correspondiente a un apoyo de neopreno convencional; estos apoyos son más anchos que la propia VSA, pero no se altera la geometría de la viga (Figura 9):

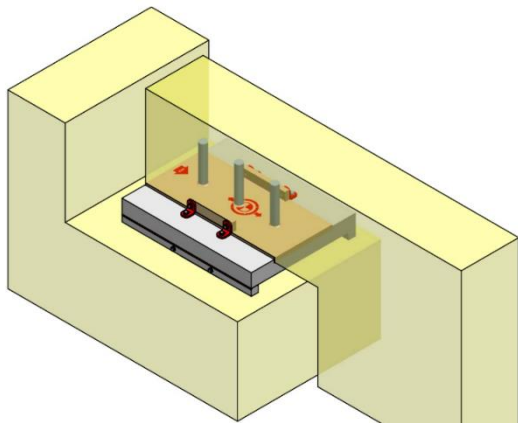


Figura 9. Esquema apoyo guiado VSA en eje 13.

4.2 Jácenas JP

Para soportar el apoyo de las vigas VSA se disponen jácenas prefabricadas, que denominamos JP, que se completan con la ejecución de una parte de su sección in situ. Las jácenas son prefabricadas y pretensadas y, en la obra, nos encontramos con 18 alineaciones,

simples en las extremas y dobles todas las demás (se disponen 2 semi-jácenas). Se plantean dos tipos fundamentales (Figura 10):

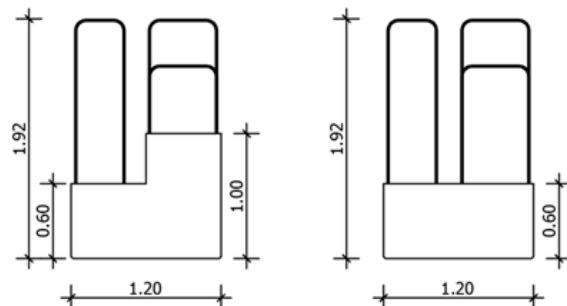


Figura 10. Secciones tipo semi-jácenas JP.

- JPL: Jácenas en L, en general, con longitud mayor que 12 m.
- JPR: Jácenas de sección rectangular, en general, con longitud menor que 12 m.

Estas vigas incorporan el pretensado de flexión positiva, así como prácticamente toda la armadura transversal de lo que será la jácena una vez terminada y que alcanzará un canto total de 1.95 m, incluyendo la parte correspondiente a la losa de compresión de 0.30 m sobre vigas VSA, de forma que el canto del forjado es 1.95 m constante y se conforma como una especie de vigas planas que requieren de la ejecución in situ de dos sectores de hormigonado con sus correspondientes armados: el sector 1 permite el montaje de las VSA, mientras que el sector 2 acaba convirtiendo la jácena en una rectangular con el canto total del forjado y la VSA parcialmente embutida.

El peso de las jácenas reduce a la cuarta parte el de las de Proyecto, mientras que el pretensado se reduce en una proporción aún mayor.

Las JPR, aparte de reducir el peso, permiten la colocación de colectores perpendiculares a ellas, cuando se definan, embebidos en el canto del forjado, sin afectar de manera importante al plazo de fabricación.

La configuración final de las vigas formadas se muestra en las siguientes imágenes (Figura 11):

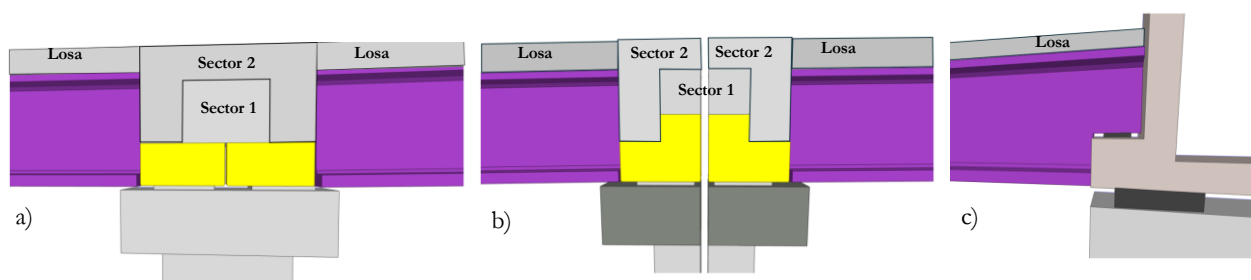


Figura 11. Secuencia constructiva jácenas JP: apoyo de forjado en zona intermedia (a), en junta (b) y en cajón (c).

Las armaduras pasivas transversales de las JP se definen conforme a la más desfavorable. Así se simplifica la organización del diseño y la fabricación, en la que solo habrá que distinguir su longitud, la distribución específica de estribos salientes, que pueden interferir con las VSA que reciben, y el pretensado, que también se unifica en unas pocas configuraciones.

Dicho pretensado se diseña teniendo en cuenta las distintas etapas del proceso constructivo y de uso de la estructura, incluyendo la fase de puesta en servicio parcial.

Los planos para la fabricación de todos los elementos provienen del mismo modelo BIM, de forma que se pueden verificar y resolver las interferencias geométricas y de armaduras con antelación y en 3D: se adjunta una imagen ilustrativa del entrecruzamiento previsto entre VSA y armaduras salientes de JP, que proviene del modelo BIM (Figura 12, no se muestran hormigones ni armaduras a disponer in situ):

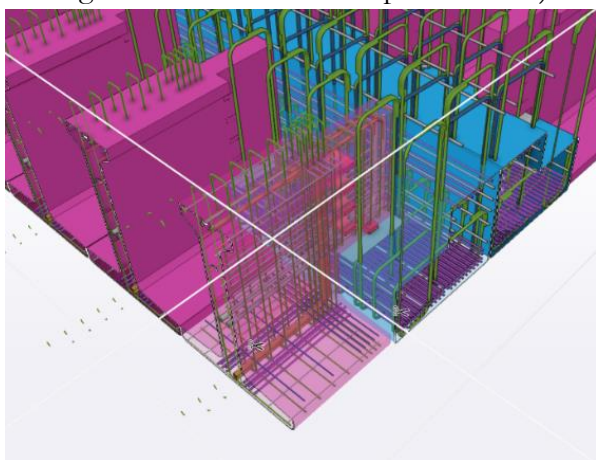


Figura 12. Modelo BIM. Comprobación de interferencias de armaduras en el prefabricado.

El montaje de las jácenas se hace apoyándolas sobre un área parcial de los neoprenos que quedarán bajo ellas en situación definitiva, más los apoyos provisionales necesarios. Sobre el apoyo se dispone una capa de resina de altas resistencias y tixotropía, que conforma una cuña absorbiendo la eventual falta de paralelismo entre jácena y apoyo.

4.3 Lucernarios

Para la formación de lucernarios se desea insertar, en algunos de los paños de vigas VSA, unos huecos de 8.00x8.00 m en planta, rodeados, en todo su perímetro, por vigas con una superficie vertical plana y una pequeña ménsula corrida inferior de 20 cm de ancho x 30 cm de canto. El perímetro de los huecos debe cubrirse tanto por arriba (para completar la ejecución de la losa in situ) como por abajo (para dar un aspecto de techo plano).

En el transcurso de la obra, las cargas a soportar prácticamente se duplicaron, y se tuvo que definir, para cada lucernario, un conjunto de elementos que se resume a continuación:

- 2 jácenas pretensadas rectangulares aligeradas JPL “bastidor principal larga” con sus extremos a media madera, apoyadas en las vigas JP principales.
- 2 jácenas secundarias pretensadas rectangulares JPL aligeradas “bastidor secundarias”, colgadas de las anteriores mediante brochales metálicos.

Para cada uno de los huecos entre la jácena secundaria y la JP principal:

- Una o dos (según el ancho) jácenas auxiliares pretensadas rectangulares JPR.40.40, apoyadas también con brochales metálicos.
- Una losa maciza prefabricada armada de espesor 16 cm constante, colgada a través de barras tipo Gewi galvanizadas de las vigas auxiliares.

El resultado se muestra esquemáticamente a continuación (Figuras 13 y 14):

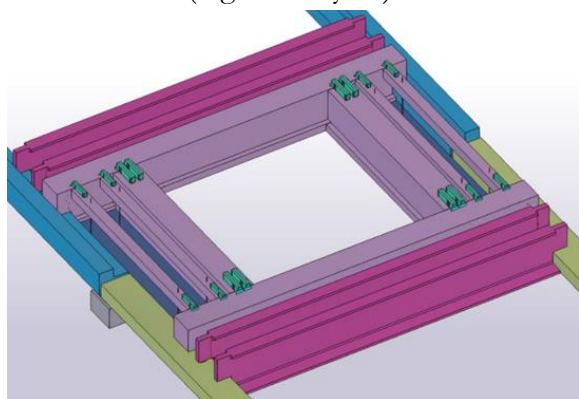


Figura 13. Vista general lucernario.

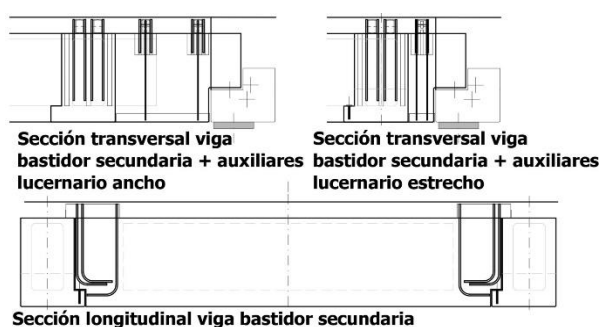


Figura 14. Detalles lucernario.

5. Aspectos resueltos con las soluciones adoptadas

Siguiendo el mismo orden de aspectos a resolver que se ha planteado antes, con las soluciones adoptadas se consigue lo siguiente:

5.1 Industrializar al máximo la ejecución

Se definió un modelo BIM que contiene toda la definición geométrica de los prefabricados, incluyendo armaduras, pretensados, insertos y elementos auxiliares, así como las características de cada uno de ellos, desde calidades de

hormigones a emplear hasta despieces de estribos o resúmenes de piezas auxiliares.

Tanto los planos de definición de cada pieza como los generales de la obra se extraen del modelo, impidiendo la posibilidad de definiciones erróneas o duplicadas, permitiendo apreciar las posibles interferencias y facilitando la comprobación de cualquier detalle en 3D.

La reducción del pretensado aplicado por pieza y de sus dimensiones facilitó tanto el montaje, como poner en paralelo líneas de fabricación en varias plantas, sin diferencias en el producto fabricado; no se produjeron rechazos ni interferencias graves en el montaje.

Los prefabricados incorporaban la mayor parte de las armaduras necesarias, se eliminó la necesidad de postesados en obra e, incluso, se organizó el transporte para que las jácenas llevaran, desde la fábrica, la mayor parte de las armaduras a disponer in situ cerca ya de su posición definitiva.

5.2 Adaptar la logística y el rendimiento de montaje

Se definió una base de datos que recoge, entre otros datos, las fechas de revisión, fabricación y montaje, la posición de la grúa correspondiente y las características principales de cada una de las 1476 piezas que conforman la estructura, que se iba actualizando a medida que avanzaba el montaje.

La repetitividad de la estructura permitió que 1095 piezas se resolvieron con solo 13 planos de fabricación.

Así, aunque inicialmente se había planificado la ejecución de solo un 60% de la obra, con una parada de varios meses, una vez superado ese hito, se decidió continuar sin esa parada, al haberse alcanzado ese porcentaje antes del plazo inicialmente previsto.

Y, por otra parte, se pudo ajustar la fabricación de algunas zonas que se retrasaban por motivos ajenos a la obra, sin generar un stock exagerado.

5.3 Acceder con vehículos de transporte y situar grúas en el forjado del nivel de alta velocidad

La reducción de peso de los prefabricados en comparación con el Proyecto permitió el empleo de grúas menores, y la mayor parte de las piezas se transportaba en vehículos con menores exigencias de permisos especiales o escoltas.

Esto no solo tiene como ventaja poder situar la grúa en el forjado de alta velocidad, sino, muy especialmente, facilitar la llegada de los vehículos desde la fábrica en el momento y con la cadencia requeridos por el montaje, sorteando con más facilidad los obstáculos presentes en la obra, en la que muchas otras zonas se han estado construyendo a la vez.

5.4 Resolver aspectos pendientes de definición o nuevos condicionantes aparecidos durante la obra

5.4.1 Vigas

La reducción de la modulación tipo de las vigas trajo como consecuencia una mejora en el ritmo de suministro y montaje: la viga apoya sobre 2 puntos y es fácil corregir cotas y giro, típicamente sobre 2 jácenas no paralelas, con mucha más facilidad que si se pretendiera apoyarla en 4 puntos. Además, el plano inferior de la viga más estrecho se adapta mejor a las alineaciones de jácenas con pendientes diferentes entre sí.

El espesor del alma de 20 cm se mantuvo como en Proyecto, alojando las armaduras del apoyo a media madera en ese ancho y, por lo tanto, evitando recrecidos en los extremos que hubiesen complicado la fabricación y aumentado el peso.

Las alas superiores de la viga permiten mejorar su comportamiento estructural en las fases iniciales, pero, sobre todo, permiten apoyar el encofrado perdido sin afectar a la conexión entre viga y losa.

El encofrado perdido de chapa grecada galvanizada permite independizar este tajo del de montaje de vigas, reduce el tiempo de ocupación con grúas, mantiene los cantos de losa inicialmente previstos y facilita la logística de suministro a obra.



Figura 15. Chapa de encofrado perdido sobre VSA y JP con sector 1 ejecutado y sector 2 ya encofrado.

5.4.2 Neoprenos bajo vigas VSA

La eliminación de neoprenos bajo la mayoría de las VSA evita la necesidad de su mantenimiento, mientras que se incrementa la capacidad de la estructura para absorber acciones horizontales. Ambos aspectos suponen una mejora de la sostenibilidad, a la vez que se facilita el montaje.

5.4.3 Jácenas

Se ha simplificado y mejorado la conexión longitudinal entre jácenas sobre pilares, que ya no solo se consigue a través de la losa de compresión y un relleno de la junta entre vigas.

La estabilidad frente a la torsión de las jácenas se ve asegurada por la conexión con las VSA, lo que permite aplicar la misma solución incluso en las juntas de dilatación, eliminando la necesidad de colgar vigas y manteniendo el canto del forjado y la cobertura de tierras.

5.4.4 Neoprenos bajo jácenas

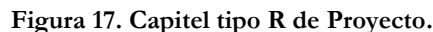
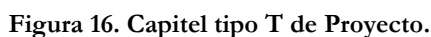
Se han mantenido los apoyos de neopreno debajo de las jácenas, aunque se ha modificado su posición sobre el pilar. El Proyecto inicial consideraba que dos neoprenos juntos y centrados de 900x750x125 (formando el equivalente a 900x1500x125) no introducen flexiones en la cabeza del pilar. Finalmente, se han separado esos neoprenos jugando con sus excentricidades respecto al eje del pilar, para

Esto ha obligado a disponer apoyos provisionales durante el montaje y a ejecutar capiteles con la dimensión suficiente para ubicar los apoyos en la posición que se requería.

5.4.5 Lucernarios

6. Consecuencias sobre la subestructura

La transición entre el apoyo y la cabeza del pilar requería de un capitel, por tener el neopreno, en general, una o las dos dimensiones mayores que las del pilar. Se definían dos tipos de capiteles, tipo T y tipo R, para los pilares interiores y de junta, respectivamente.



Las soluciones adoptadas para la subestructura, descritas en el epígrafe 4, obligaban a modificar la geometría de los capiteles.

Por otra parte, los capiteles tipo R dejaban de tener el apoyo centrado, de nuevo por la necesaria presencia del apoyo provisional para estabilizar la jácena hasta que el hormigonado posterior in situ la hiciera solidaria con las vigas.

Juan de Dios Arévalo Amezcua, David Martínez Moral, Javier Carrascal Pérez, Luis Carrillo Alonso / IX CONGRESO ACHE – GRANADA 2025 9

pilares se encontraban ya ejecutados hasta el nivel de alta velocidad y, en consecuencia, las esperas en los arranques del último tramo hasta cubierta ya se encontraban dispuestas. No era posible, por tanto, reforzar el armado de los pilares y los esfuerzos transmitidos desde la cubierta debían ajustarse a la capacidad prevista en Proyecto.

Todos estos condicionantes han podido resolverse como se expone a continuación.

En los capiteles T, como se ha comentado en el apartado 5.4.4, se ha dotado a cada apoyo, donde ha sido necesario, de una excentricidad distinta con respecto al eje del pilar, para anular el momento resultante sobre dicho pilar debido a la carga permanente.

Por otro lado, en los capiteles R, llamados ahora L, se ha colocado el apoyo provisional en la zona opuesta a la junta de dilatación, para conseguir que el apoyo definitivo se sitúe lo más centrado posible.

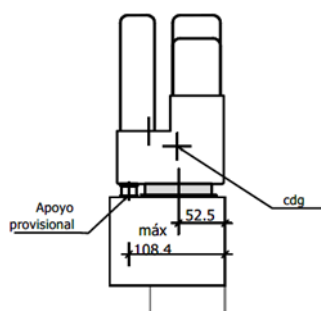


Figura 19. Situación inicial de montaje de la jácena en junta de dilatación.

En cuanto a la resistencia del hormigón de los capiteles, ha sido posible reducirla a 60 MPa ajustando la dimensión de las bielas de los modelos de bielas y tirantes de cálculo con los que se han justificado. Se ha tenido en cuenta que la biela no necesita supeditarse exclusivamente a las dimensiones del apoyo, como se asume en Proyecto, y puede abrirse, tanto longitudinal como transversalmente, a lo largo del espacio existente entre la base del apoyo y el tirante horizontal superior.

7. Conclusiones

La solución de este tipo de estructuras con elementos prefabricados industrializados es la más lógica gracias a las mejoras que aportan en cuanto a control de costes, plazos, calidad y seguridad durante la ejecución, así como desde el punto de vista del servicio y mantenimiento del edificio.

Durante la ejecución se han planteado nuevos requisitos y ajustes que se han podido satisfacer con éxito, quedando demostrada la flexibilidad del prefabricado para poder adaptarse a ellos e incluso mejorar la solución inicial simplificándola, a condición de que se produzca una estrecha colaboración entre todos los agentes intervinientes en la obra.

Agradecimientos

Los trabajos necesarios para realizar la puesta en servicio de la obra objeto de este artículo son el resultado del trabajo de un gran número de profesionales. Los autores quieren agradecer el esfuerzo a todas las personas de Adif y la asistencia técnica a la dirección de las obras. De igual forma, resaltar desde estas páginas la colaboración de Aitor Arbesú (gerente), Luis Durán/José Gil (jefes de obra durante la construcción de la cubierta), Pedro I. Solaeta (jefe de producción), David Penín (jefe de topografía) y el resto del equipo de la U.T.E., así como al resto de personas que han intervenido de manera decisiva en la obra.

Referencias

- [1] Proyecto de construcción de la estructura de la estación de la Sagrera. Modificado nº2, Tunnel and Bridge Technologies, Barcelona, 2020.
- [2] Instrucción sobre Acciones a Considerar en Puentes de Carretera IAP-11, Ministerio de Fomento, Madrid, 2011.
- [3] Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, Ministerio de Fomento, Madrid, 2008.