

EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN CON ELEMENTOS PREFABRICADOS

Special equipment for precast bridge construction

Aquilino SECIO RAIMUNDO^{*, a}, José Antonio BECERRA MOSQUERA^b

^a MSc Civil Engineering. STRUKTURAS AS. Sales Manager

^b Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. STRUKTURAS AS. Agent, market France

RESUMEN

La utilización de los elementos de hormigón prefabricados tiene una creciente presencia en la construcción de puentes. Las grandes prestaciones y mejoras en la calidad del producto final, junto con otras innumerables ventajas, hacen que este tipo de estructuras tengan esta gran cuota de mercado.

ABSTRACT

La utilización de los elementos de hormigón prefabricados tiene una creciente presencia en la construcción de puentes. Las grandes prestaciones y mejoras en la calidad del producto final, junto con otras innumerables ventajas, hacen que este tipo de estructuras tengan esta gran cuota de mercado.

PALABRAS CLAVE: Hormigón prefabricado, Lanzador de dovelas, Lanzavigas, Izador de dovelas, Full Spam, Izador de módulos de puente atirantado

KEYWORDS: Precast, Launching Gantry, Beam Launcher, Segment Lifter, Full Spam, precast concrete, Cable Stay segment lifter



Figura 1. Lanzadera de tableros completos, o lanzaderas Full Span

1. Introducción

La introducción de los elementos prefabricados de hormigón en la construcción de puentes ha supuesto un avance importante merced a las ventajas que presenta la utilización de este tipo de elementos. Entre las principales ventajas, podemos incluir:

- Reducción de plazos de ejecución. Dado que los elementos se fabrican en un lugar distinto (incluso fuera de la propia obra en muchas ocasiones) se puede simultanear la fabricación del prefabricado con la construcción de la subestructura del puente.

- Gran capacidad de fabricación. Al poder simultanear la producción de elementos prefabricados en diferentes lugares, se puede contar con un amplio surtido de material en un corto período de tiempo, ventaja especial si en la obra existe disponible sólo un espacio reducido o si el plazo es muy reducido.

- Los hormigones utilizados tienen un mayor control, además de mayores resistencias y prestaciones.

- La calidad del acabado, las tolerancias y el Control de Calidad son mejores que los de la construcción in-situ

- El uso de cimbras, encofrados y apuntalamientos en obra es mucho más reducido

Además de todas estas ventajas, no debemos olvidarnos que también existen una serie de desventajas que también han de tenerse en cuenta a la hora de planificar y tomar una decisión. Entre estas desventajas, podemos incluir:

- Gran necesidad de logística y medios de transporte y montaje

- Creación de accesos y plataformas de trabajo en la obra.

- Uniones entre elementos complejas, especialmente en estructuras hiperestáticas

Existen, además, ciertas circunstancias que puedan resultar clave par la utilización de elementos prefabricados. Citamos los siguientes:

- Emplazamientos con climatología extrema

- Lugares recónditos

- Larga distancia a plantas de producción de hormigón

- Mejora de costes por fabricación en escala

Resumiendo, existen multitud de variables que puedan hacer recomendable el uso de elementos prefabricados, y el propio mercado así lo está demandando.

2. Equipos para montaje de prefabricados

Los equipos para el montaje de prefabricados se dividen fundamentalmente en 5 tipologías:

- Lanzavigas o Beam Launcher

- Izador de dovelas o Segment Lifter

- Lanzador de dovelas o Launching Gantry

- Lanzadera Full Span o Ful Span Launcher

- Izador de módulos de Puente atirantado o Cable Stay Segment Lifter

Cada uno de estos equipos tiene una funcionalidad específica y es comúnmente utilizado en casos concretos donde su viabilidad y rentabilidad es superior a las demás alternativas constructivas desarrolladas para la construcción de una misma estructura.

2.1 Lanzavigas

Uno de los primeros equipos desarrollados para la construcción de puentes con elementos prefabricados.

Su diseño apenas ha variado en los últimos años.

Regularmente compite directamente con el montaje de vigas con grúa. Su ventaja en la competencia con el montaje de vigas con grúa está en la altura de las pilas, los elementos que ha de salvar la estructura



Figura 2. Lanzavigas en fase de colocación de viga

Su utilización en estructuras localizadas en lugares de difícil acceso, gran altura de pilas, ... supone una gran ventaja competitiva contra el montaje de vigas con grúas. En ocasiones, fundamentalmente con la altura, supone una gran ventaja debido al incremento de capacidad necesaria en la grúa para llegar a esas alturas. En otras ocasiones, la necesidad de preparar una plataforma adecuada para colocar la grúa hace que pueda ser incluso inviable. Por último, en zonas marítimas, la necesidad de medios de elevación sobre pontona también supone un sobrecoste importante que haga de este sistema la solución ideal.

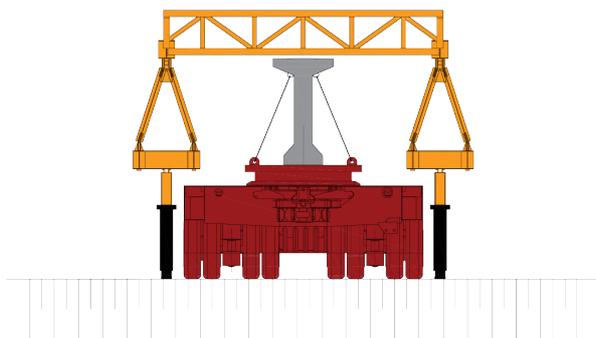


Figura 3. Entrega de viga sobre transporte

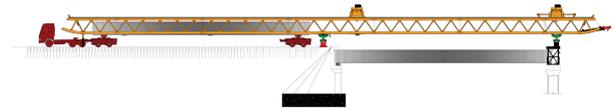


Figura 4. Recogida de viga sobre transporte

Otra de las ventajas de este tipo de equipos es la posibilidad de desplazarse con la propia viga, tanto en transversal como en longitudinal. Este movimiento posibilita el montaje de todas las vigas de viaductos de un número reducido de vanos. Se recogen todas las vigas desde el estribo y se consigue que las pérdidas de rendimiento sean muy pequeñas.

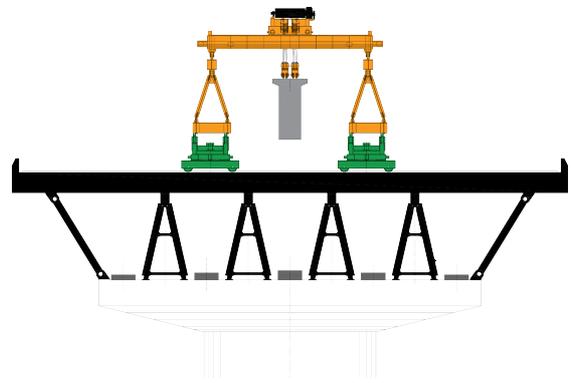


Figura 5. Lanzavigas en posición de transporte

2.2 Izador de dovelas

El izador de dovelas, o Segment Lifter es un equipo muy específico que se utiliza generalmente en viaductos construidos por voladizos sucesivos con dovelas prefabricadas. Su uso también se puede ser extender el izado de fragmentos de tablero en puentes atirantados. En general, supone el equivalente a un carro de hormigonado in situ por voladizos sucesivos para su uso con dovelas prefabricadas.



Figura 6. Construcción de atirantado con izadores de dovelas

La principal limitación que lo diferencia de un carro de hormigonado in-situ para voladizos sucesivos es la necesidad de acceso en toda la proyección en planta del viaducto. Sus movimientos están limitados al izado de la dovela prácticamente en su posición, siendo únicamente posible un pequeño ajuste para su puesta en posición definitiva.

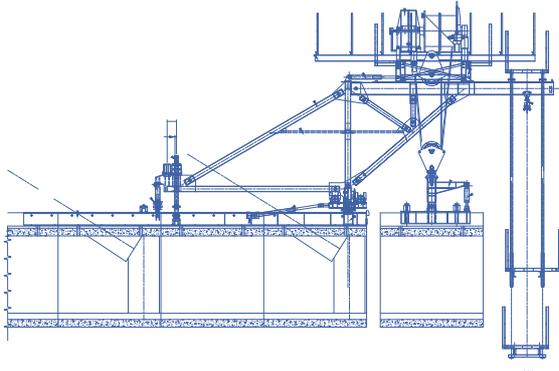


Figura 7. Esquema de carro izador de dovelas

Estas limitaciones reducen su campo de aplicación fuertemente.

Sin embargo, existe una tipología de puente donde es un equipo prácticamente realizado a medida: en las regiones de alta montaña; para aquellas estructuras que salvan los cauces generalmente secos salvo en temporada de deshielo. Este caso concreto, su utilización es muy frecuente por tres razones fundamentales:

- Se trata de cauces secos y muy llanos, con lo que apenas es necesario realizar trabajos de acondicionamiento del terreno
- La llegada de prefabricados de mayor tamaño es difícil con los largos y estrechos caminos de acceso
- El suministro de hormigón desde central suele estar a varias horas de trayecto, lo que supone la utilización de importantes cantidades de aditivos retardantes de fraguado



Figura 7. Izador de dovelas en entorno urbano

Estos equipos, pueden resultar competitivos frente a otros equipos de mayores dimensiones, como pueda ser un launching gantry o lanzador de dovelas, en el montaje de pequeños viaductos en entornos urbanos. Sus principales ventajas son:

- Mucho menor coste, con lo que la inversión es amortizable en un menor espacio de tiempo.
- Montaje en un corto período de tiempo y con medios reducidos

2.3 Lanzadera de dovelas o Launching Gantry

El uso de dovelas prefabricadas ha tenido un gran auge en los últimos años, extendiendo su uso poco a poco a viaductos de luces intermedias, en un entorno de entre los 70 y hasta los 100m.

Las grandes ventajas del uso de dovelas prefabricadas se fundamentan en sus pesos y dimensiones. Su menor peso y dimensiones hacen que el transporte de dovelas prefabricadas sea posible en infinidad de casos sin el uso de transportes especiales.

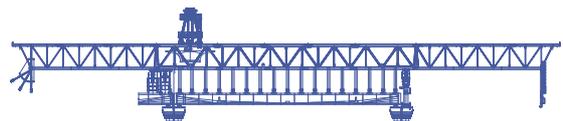


Figura 8. Esquema de lanzadera de dovelas. Ejecución de viaducto por montaje vano a vano



Figura 9. Ejecución de viaducto con Launching Gantry

Estos equipos tienen la posibilidad de ejecutar viaductos con radios de giro muy reducidos, lo que sería muy difícil con otras tipologías de prefabricados, como puedan ser las vigas.



Figura 10. Montaje de un vano de radio reducido

El montaje de vanos de radio reducido supone una de las grandes virtudes de estos equipos. Una de las principales innovaciones realizadas sobre estos equipos se fundamenta en la colocación de un punto de giro en mitad del vano. Con este punto de giro, que se ajusta al radio deseado en el momento de estar descargado el equipo, se consigue reducirlos radios de curvatura hasta los 40m (menor de los radios ejecutados hasta el momento por los equipos de SDI)

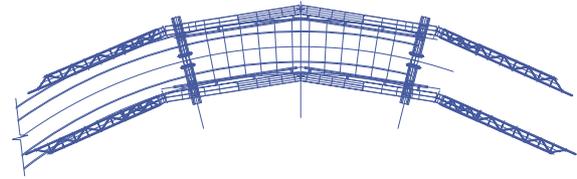


Figura 11. Vista en planta de una lanzadera con articulación



Figura 12. Viaducto con radio 80m ejecutado con este sistema

La siguiente innovación supone una gran ventaja para la construcción de tableros de grandes luces, pudiendo perfectamente llegarse a los 100 m de luz con este sistema.

La gran ventaja de este sistema, y sobre la que se apoya esta innovación, es la posibilidad de montar el número de dovelas que se desee y en la posición concreta deseada. Aprovechando esta ventaja, lo que se hace es dividir la secuencia de montaje en dos fases:

- En una primera fase se montan un cierto número de dovelas sobre la sección de pila, dejándolas ensambladas entre si con pretensado en la losa superior



Figura 13. Montaje de dovelas sobre pila

-Una vez finalizado el montaje de estas primeras dovelas y transmitido el pretensado, la carga pasa de estar sobre el equipo a descansar directamente sobre el pilar, lo que favorece que el equipo pase a recoger nuevamente dovelas.



Figura 14. Fase 2 de montaje. Centro de vano

Con esta secuencia constructiva se consigue rebajar las cargas que va a recibir el equipo (en este caso en cada una de las fases se está colgando aproximadamente la mitad del peso).

Además de conseguir realizar este trabajo con un equipo de menores dimensiones, esta secuencia de montaje supone una optimización en el pretensado, dado que los esfuerzos durante el montaje son muy similares a los esfuerzos de servicio.

2.4 Lanzadera Full Span

Posiblemente el mayor de los hitos de la prefabricación. Prefabricar el tablero completo y colocarlo directamente en su posición definitiva.

Sin duda se trata de la prefabricación elevada a su máxima expresión.



Figura 15. Transporte de vano completo desde planta de prefabricación

Esta metodología está especialmente diseñada para el montaje de viaductos de grandes longitudes.

El elevado coste de un equipo de estas características solo es posible amortizarlo en un viaducto de estas características. También está indicado para lugares con climas extremos donde los costes se incrementan sustancialmente debido a:

- La elaboración de hormigones especiales
- Las pérdidas de rendimiento de los trabajadores por las condiciones meteorológicas



Figura 16. Transporte y montaje de vano completo a temperaturas bajo cero

Uno de los principales proyectos en los que se ha utilizado esta tipología es el proyecto Sheikh Jaber Al-Ahmad Al-Sabah. Uno de los mayores proyectos de construcción de infraestructuras que se construirá en la región del golfo pérsico con una inversión total estimada de 3 billones de dólares. El proyecto ha sido promovido por el ministerio de trabajos públicos de Kuwait (MPW). Esta nueva carretera generará

una nueva ruta estratégica que facilitará el desarrollo urbanístico al norte de la ciudad de Kuwait.

La nueva carretera discurrirá a través de la bahía de Kuwait, uniendo el área del puerto de Shuwaikh, en la parte sur de la bahía, con la nueva ciudad de Subiyah, al norte. La longitud total de la calzada principal es 36km, de los cuales, 27km corresponden a puentes en un entorno marítimo.

La parte marítima del proyecto, que tiene una longitud total de 27 km, consta de 3 puentes; el Subiyah Bridge en la aproximación norte, de 7.9 km de longitud, el Shuwaikh Bridge en la aproximación sur, de 6.5 km de longitud, y el puente principal, de 13.5 km de longitud. Entre los tres conectan las dos masas de terreno a través de dos islas artificiales, cada una de un tamaño de 30 ha y en las que se han incorporado infraestructuras de mantenimiento y refugios de emergencia.

El puente principal, une las dos islas, e incluye un vano para la navegación de 120 m de luz y 23 m de altura libre sobre el mar para facilitar el paso de barcos. Este vano es una estructura atirantada con una torre de soporte icónica con estela de vela.

Los segmentos prefabricados del puente principal se colocarán utilizando una grúa flotante con una capacidad de 2000 t.



Figura 17. Vista del vano principal

Para la construcción de los vanos de aproximación, como ya se ha comentado, se empleará una lanzadera de vanos completos que coloque directamente los tableros en su posición definitiva.

La empresa STRUKTURAS AS, a través de su filial SDI, ha sido elegida para el desarrollo y suministro de una lanzadera de vanos completos con capacidad de 1800 tn y 60 m para completar el montaje del viaducto mediante la metodología “full span”, dos pórticos de carga de 900 tn cada uno y carros inferiores autopropulsados de transporte de 1800 tn de capacidad.

Los elementos del puente principal y del puente Subiyah son todos tableros prefabricados de hormigón pretensado estándar de 60 m de luz y un peso aproximado de 1725 t.

El puente Shuwaikh incluye secciones en curva y rampas para los enlaces. En este caso, los tableros son de 40 m de longitud máxima, siendo estos de longitud variable, y teniendo un peso máximo de 1050 t.



Figura 18. Lanzadera colocando uno de los vanos

2.5 Izador de módulos de puente atirantado

El creciente incremento en la construcción de puentes atirantados ha supuesto la demanda de un nuevo equipo de construcción: El izador de módulos de puente atirantado.

Este tipo de equipos está recomendado en aquellos puentes donde el izador de dovelas no sea una opción factible.

En general, aquellos puentes donde es una solución especialmente viable son en la construcción de viaductos en zonas abruptas, o en general, en aquellas donde no sea posible acceder a la sombra del viaducto. Ej. Aquellos puentes que estén a la entrada de un puerto y no

sea posible interrumpir la vía de entrada al tráfico marítimo.

Este equipo está pensado tanto para la ejecución de tramos con dovelas de hormigón como en la ejecución de tramos de tableros mixtos o de acero.

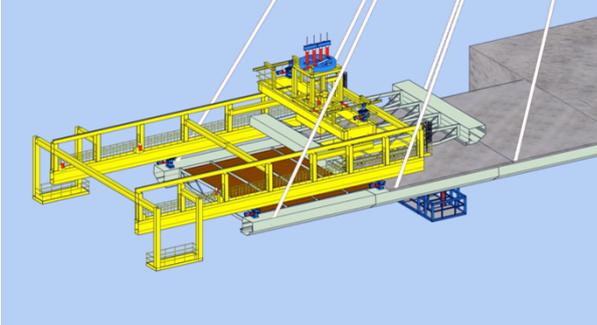


Figura 19. Equipo para lanzamiento de tramos metálicos de tablero