

Evolución de las cimbras autolanzables en la construcción de puentes

Evolution of MSS, Movable Scaffolding System, for bridge construction

Carlos J. BAJO PAVÍA

Jefe de Área de Estructuras de Obra Civil, Dirección Técnica, Ferroviál Construcción.

Presidente del Grupo de Trabajo para la actualización del Manual de Cimbras Autolanzables

RESUMEN

Partiendo de una introducción histórica sobre los orígenes y la evolución de la construcción de puentes, así como de la descripción del sistema de cimbras autolanzables, este artículo detalla las ventajas de la utilización de esta técnica desde el punto de vista de la aceleración de los plazos de ejecución de estas infraestructuras.

El trabajo pasa revista a algunos de los puentes más importantes construidos con cimbras autolanzables en España y en otros países europeos.

Asimismo, describe los aspectos más significativos del Manual de Cimbras Autolanzables, editado en 2007 y actualizado en 2015, el cual fue impulsado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (hoy Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana), con el apoyo de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC) y la colaboración de la Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras (SEOPAN) para la redacción del documento.

PALABRAS CLAVE: Cimbras autolanzables, Puentes, Construcción, Estructuras, Viaductos.

ABSTRACT

Based on a historical overview of the origins and evolution of bridge construction, as well as the description of MSS, Movable Scaffolding System, this article spells out the advantages on use this technique from shortening the timescale for the implementation of these infrastructures point of view.

The paper reviews some of the most important bridges built with movable scaffolding in Spain and other European countries.

It also describes the most significant aspects of the Movable Scaffolding System Handbook, published in 2007 and updated in 2015, which was promoted by the Directorate-General of Roads of the Ministry of Development (now the Ministry of Transport, Mobility and Urban Agenda), with the support of the National Construction Confederation (CNC) and the collaboration of the Association of Construction Companies and Infrastructure Concessionaires (SEOPAN) for the drafting of the document.

KEY WORDS: MSS Movable Scaffolding System, Bridges, Construction, Structures, Viaducts.



Desde que la humanidad tuvo la necesidad de atravesar ríos o cualquier otro accidente geográfico para disminuir los tiempos de transporte de mercancías y personas, los puentes se hicieron un hueco dentro de lo que consideramos la base cultural tecnológica de la sociedad.

Fue en la época del Imperio romano donde el conocimiento en la construcción de puentes duraderos se hizo presente con mayor intensidad, y su saber hacer perduró durante siglos sin apenas cambios en los sistemas constructivos.

A mediados del Siglo XX, cuando el conocimiento de materiales de construcción y el comportamiento estructural empezó a generalizarse en el ámbito técnico, aparecieron nuevos sistemas de construcción cuya velocidad de ejecución en el desarrollo de los puentes marcó un antes y un después en la tecnología constructiva. Hasta tal punto cobra interés la consideración de la velocidad en la construcción de puentes que, hoy en día, en los países anglosajones, se conocen como "ABC" *Accelerated Bridge Construction*, aquellos procesos que aceleran en gran medida la construcción de



Foto 1. Las cimbras autolanzables son especialmente adecuadas para puentes con muchos vanos.

nuevos puentes, pudiendo incluir la demolición de puentes antiguos y su sustitución por nuevas instalaciones. Una breve búsqueda en *Youtube* puede dar idea del gran número de puentes que se restituyen mediante este sistema.

¿Qué son las cimbras autolanzables?

Las cimbras autolanzables son un sistema utilizado para la construcción de puentes que comenzó a mediados de la pasada centuria en Alemania, dada la necesidad de un sistema industrializado que acelerase los plazos de ejecución, entre otros aspectos a considerar.

El sistema consiste en una estructura metálica que puede ser o no autopropulsada y que es capaz de moverse sobre las pilas del puente a construir, soportando el peso propio del hormigón fresco que conformará el futuro tablero del puente. Una vez que el tablero de hormigón ha alcanzado la resistencia suficiente y está convenientemente pretensado para resistir su propio peso, la autocimbra se moverá a su nueva posición para repetir el proceso sucesivamente.

Existen dos tipos fundamentales de autocimbras: aquellas que soportan el peso del tablero desde la parte inferior y aquellas que



Foto 2. Cimbra autolanzable bajo tablero.

Las cimbras autolanzables son estructuras metálicas que pueden ser o no autopropulsadas y que son capaces de moverse sobre las pilas del puente a construir, soportando el peso propio del hormigón fresco



Foto 3. Cimbra autolanzable sobre tablero.

se mueven por la parte superior, descolgando los encofrados que servirán de soporte temporal durante el hormigonado. Estas últimas presentan la ventaja de no necesitar gálbos adicionales cuando deben pasar por encima de intersecciones con infraestructuras que requieran estas distancias. Esta tipología de cimbras es las que más se usa en la actualidad.



Foto 5. Supresión de un paso a nivel en Gerona (1973). Proyecto de Carlos Fernández Casado. Contratista: UTE Dragados-Huarte. Cimbra mecanotubo, luces de 20 metros y ciclo de 6 días por vano.



Foto 4. El viaducto Kettiger Hangbrücke (Alemania) fue construido en 1959.

Desde la II Guerra Mundial, comenzaron a reconstruirse infraestructuras de transporte con una premisa principal: la rapidez de ejecución.

1. Reseña histórica

Con el paso de los años y dado el gran boom en la construcción que se produjo en la Europa post II Guerra Mundial, comenzaron a reconstruirse infraestructuras de transporte con una premisa principal: la rapidez de ejecución. Dadas las características de este sistema frente a otros, esta tecnología se fue generalizando y, a partir de los años 70 del Siglo XX, se globalizó su uso, que fue mejorando en cuanto al aumento de longitud de vano a soportar.

La primera aplicación en España se realizó en el año 1973 para un puente ferroviario. El sistema se implementó en aquellas localizaciones donde la disposición de una cimbra al suelo era harto complicada, por ejemplo, en zonas marinas o en cotas muy elevadas. Desde entonces, se han utilizado en nuestro país cimbras autolanzables en multitud de ocasiones, primero con el plan de autovías del Plan General de Carreteras del entonces Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, MOPU, 1985-1991, e inmediatamente después con la construcción de líneas de alta velocidad, en la que se han empleado mayoritariamente cimbras autolanzables para la realización de viaductos hiperestáticos con rango de luces de entre 45 y 66 metros.



Foto 6. Puente a la Isla de Arosa (Pontevedra). 1980.



Foto 7. Canal Alto de los Payuelos (León). 1992.

apoyos o las pilas sí tendrán un diseño específico distinto.

Debido, entre otros aspectos, tanto al desarrollo como a estas especificidades exclusivas, surge la necesidad de publicar un manual de cimbras autolanzables, con una primera edición en 2007 y posterior actualización en 2015. Al igual que el manual anterior, este nuevo documento fue impulsado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento (hoy Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana), junto con el apoyo de la Confederación Nacional de la Construcción (CNC), que a su vez contó con la colaboración de la Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras (SEOPAN) para la redacción del documento.

Un puente construido mediante el sistema de cimbra autolanzable presenta características que lo diferencian de otros puentes

En la Figura 1 se puede apreciar la evolución de luces de viaductos ejecutados con cimbra autolanzable por empresas españolas.

2. Manual de cimbras autolanzables

En los últimos años, finales de los 90 y durante la primera década de 2000, el auge de la construcción de carreteras y líneas de alta velocidad de ferrocarril en España ha permitido el desarrollo de esta tecnología; todo ello unido a la ejecución de puentes de mayor longitud, entre otros factores, que se ha consolidado como uno de los procedimientos que presenta mejor rendimiento, tanto desde el punto de vista económico como de rapidez ejecutoria.

Este sistema, dada la gran interacción existente entre el sistema portante y el puente en construcción, requiere de un estudio de comportamiento conjunto. Es por ello que se puede decir que un puente construido mediante el sistema de cimbra autolanzable presenta características que lo diferencian de otros puentes construidos por otros sistemas. Quizá esta diferenciación no es evidente una vez que el puente se encuentra terminado, pero los sistemas de pretensado, los

Un documento sobre cimbras autolanzables debía contar con la participación de profesionales especializados en diferentes ámbitos. De esta manera, se reunieron en un grupo multidisciplinar personas que provenían de oficinas técnicas de empresas constructoras, parques de maquinaria, fabricantes de cimbras autolanzables e ingenierías

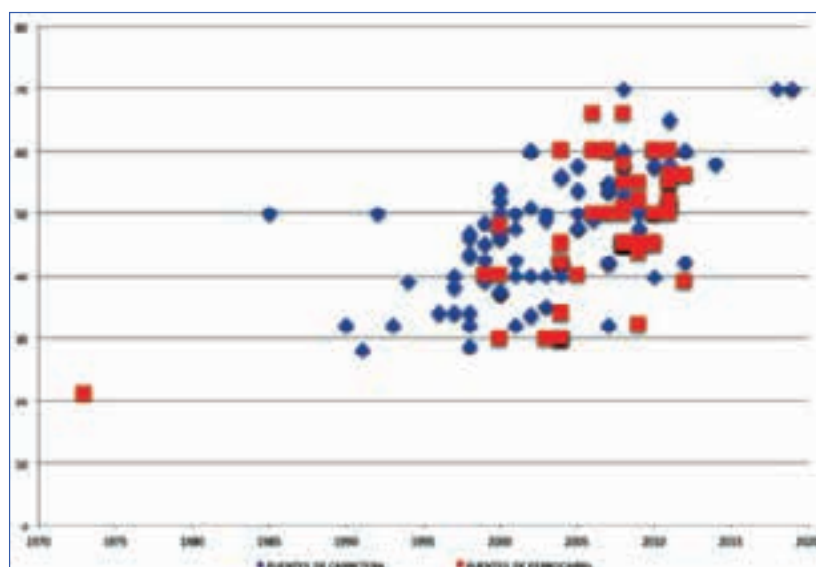


Figura 1. Evolución de luces (m) con cimbras autolanzables.



Figura 2. Tipos de sección transversal óptimos para uso de cimbras autolanzables.

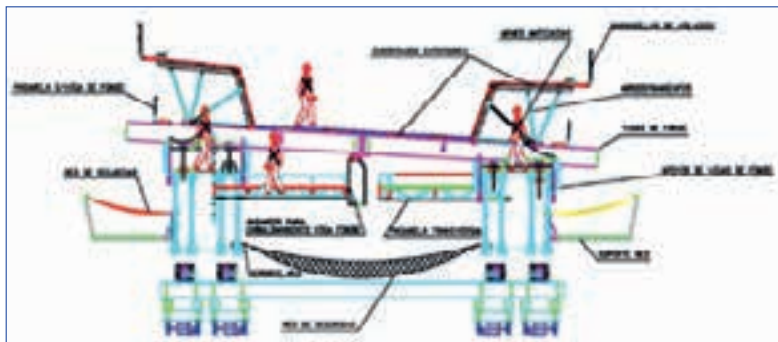


Figura 3. Sistemas de seguridad y salud aplicados a las operaciones en cimbras autolanzables.

de proyecto de puentes. Todos ellos con el encargo de actualizar un documento que ha sido considerado como un referente en el sector. La finalidad última de dicho documento fue la puesta en común de todos los avances obtenidos desde los diferentes agentes participantes en el sistema de construcción de cimbras autolanzables y la recopilación de estos conocimientos en un documento que pudiese distribuirse con posterioridad.

A lo largo de ocho capítulos, se profundiza en diversos aspectos del sistema, desde el diseño de puentes, pasando por la fabricación del sistema, control de calidad, así como sistemas de seguridad y salud específicos. Estos capítulos no son solo un barniz de conocimiento específico, sino que tratan de ser un compendio de las experiencias aprendidas desde los diferentes puntos de vista involucrados en el desarrollo de la tecnología.

Como cualquier otro procedimiento de construcción de puentes, las cimbras autolanzables presentan características especiales para que la tecnología sea favorable desde el punto de vista técnico, medioambiental y también económico

De este modo, cualquier técnico que se acerque a esta tecnología podrá tener un esbozo, en mayor o menor medida, del origen del sistema y sus rangos de aplicación. Como cualquier otro procedimiento de construcción de puentes, las cimbras autolanzables presentan características especiales para que la tecnología sea favorable desde el punto de vista técnico, medioambiental y también económico.

A lo largo de la línea de alta velocidad entre Madrid y Barcelona, algunos puentes fueron ejecutados con el sistema de cimbra autolanzable, sin embargo, el rango de luces de los puentes que se construían era más apropiado para el sistema de empuje o *Incremental Launching*, como se conoce internacionalmente. Este predominio de los puentes empujados dio paso en la línea Madrid-Galicia a que los puentes construidos mediante autocimbra fueran ganando en número. Los factores que se encontraban detrás de este incremento fueron, fundamentalmente, la longitud de los puentes, la mejora en los propios sistemas y, en mayor medida, el rendimiento conseguido. Esta tecnología permitía hacer vanos del entorno de 50 metros en poco más de una semana. Sin duda, este sistema duplicaba el rendimiento que se obtenía con los puentes empujados, en los que rendimientos de 25 metros por semana eran los más comunes. El aumento en cuanto a rendimiento, unido a que el sistema no presenta limitaciones respecto a la longitud total de tablero a construir, han permitido llegar a puentes continuos de hasta 2.400 metros de longitud total sin juntas.



Foto 8. Viaducto del Sar, LAV Rialño-Padrón (A Coruña). 2.400 metros de tablero continuo.

La construcción de puentes de gran ancho con autocimbra parte de la ventaja de hacer un solo tablero en lugar de dos, con el consiguiente ahorro de plazos y medios auxiliares

Presente y futuro de las cimbras autolanzables

Recientemente, se han utilizado cimbras autolanzables fuera de España en tres proyectos diferentes y con sensible semejanza entre ellos. Se trata de puentes de 70 metros de luz y anchuras finales en torno a los 35 metros para un solo tablero. Estos puentes mencionados son el Mersey Gateway, construido por FCC en Liverpool, el puente de Pumarejo, en Barranquilla, Colombia, en construcción por SACYR, y los puentes de acceso al Danubio en Bratislava, bajo construcción por Ferrovial Construcción.

La construcción de puentes de gran ancho con autocimbra parte de la ventaja de hacer un solo tablero en lugar de dos, con el consiguiente ahorro de plazos y/o medios auxiliares, pues podrían duplicarse los medios. Para la complejión total de la anchura, se realizan los voladizos mediante un denominado “carro de alas”, que es el complemento perfecto para las autocimbras. Estos voladizos, que pueden alcanzar anchuras de hasta 12 metros, suelen venir soportados mediante costillas de hormigón o mediante jabalcones. Los jabalcones pueden ser metálicos o de hormigón, pero, sin duda, previamente prefabricados para no demorar su puesta en servicio. Los “carros de alas” presentan un rendimiento inferior al de las autocimbras, pero son independientes del propio sistema.

En el Puente del Danubio, donde se construyen 3.000 metros de viaducto con diferentes tipologías, estos “Carro de alas” son independientes del sistema constructivo elegido, pudiendo pasar por los vanos construidos sobre el río mediante avance en voladizo y luces de 210 metros, que no son alcanzables para la tecnología de autocimbras.

En el caso del puente del Mersey, donde el peso del tablero venía definido por la capacidad de carga de la cimbra, se necesitaba un faseado en el hormigonado para proveer al conjunto autocimbra/tablero de la suficiente capacidad portante previo al avance de la máquina.



Foto 9. Puente de acceso este al Danubio, con vanos de 70 metros y 1.200 metros de longitud total.



Foto 10. Viaducto de aproximación del río Mersey (Reino Unido).



Foto 11. Puente de Pumarejo en Barranquilla (Colombia). 2019.



Foto 12. “Carro de alas” para prolongación de voladizos con costillas. Mersey (Reino Unido).



Foto 13. Prolongación de voladizos con puntales prefabricados. Viaducto de aproximación del este al Danubio.



Foto 14. Faseado en hormigonado del tablero en el puente del Mersey con cimbra autolanzable bajo tablero.



Foto 15. Dovela sobre pila previa al aterrizaje de la autocimbra.

Dado que las autocimbras son sistemas especialmente complejos y precisan de una inversión importante en su implementación, se requiere de la mejora en los procesos para aumentar el rendimiento del sistema y que éste no se vea penalizado por ineficiencias de plazo. Para ello, existen estrategias que mejoran el plazo, pero son necesarias instalaciones adecuadas y sistemas de montaje adicionales. Entre estos procesos de mejora, se encuentra la prefabricación de ferralla para montaje sobre el encofrado y la construcción de dovelas de tablero sobre pila, previa a la llegada de la cimbra. Este sistema se convierte en necesario cuando la densidad de armadura en los diafragmas de dovelas de pila podría reducir el rendimiento global del sistema.

Durante estos años se ha tenido la intención de implementar el sistema de autocimbras en los Estados Unidos, aunque con escaso éxito todavía. Existen ciertas reticencias en cuanto a rendimientos que se podrían conseguir, normativa, formas de trabajo, etc. que hacen que el sistema no haya sido implementado aún. Quizá un caso de éxito, que está por llegar, podría ser el detonante de una revolución en la construcción de puentes en USA, de la que ya disfrutamos en Europa.

Agradecimientos

No quiero concluir este artículo sin dejar constancia de mi agradecimiento a las empresas que han participado en la elaboración de las dos ediciones del Manual de Cimbras Autolanzables. Y, en especial, a FCC, FERROVIAL CONSTRUCCIÓN y SACYR, por la cesión de fotografías de las recientes realizaciones que no fueron incorporadas en estos Manuales.

Referencias bibliográficas

- I. Manual de Cimbras Autolanzables, CNC (Confederación Nacional de la Construcción). Edición de 2007.
- II. Manual de Cimbras Autolanzables, SEOPAN (Asociación de Empresas Constructoras y Concesionarias de Infraestructuras), CNC (Confederación Nacional de la Construcción). Edición de 2015. ■