

Mecanismos de construcción de los falsos techos de hormigón armado de principios del siglo XX. La resolución de una incógnita

Maialen Sagarna
Iñigo Lizundia
Eneko Jokin Uranga
Juan Pedro Otaduy

No es fácil datar la utilización del hormigón como material de construcción, pero se conoce que los griegos utilizaron conglomerantes similares hace más de 2.500 años (Choisy, 1999).

Desde estos primeros conglomerantes, el material irá evolucionando en siglos posteriores utilizando mezclas similares al hormigón en masa. Pero no será hasta mediados del siglo XIX cuando los ingenieros se dan cuenta de la necesidad de armar este hormigón (Collins, 2004). El hormigón en masa presenta una resistencia elevada a compresión pero necesita de las barras de acero para hacer frente a los esfuerzos de tracción. Por tanto, la combinación de los dos materiales hará que el nuevo material mejore las características resistentes de los materiales como la piedra, el acero y la madera que se habían utilizado hasta entonces. Sin embargo la utilización masiva no llegaría a Europa hasta mediados del siglo XIX. Este impulso en el uso del material se debe a la producción industrial del cemento artificial, más conocido como cemento Portland. Fue William Aspdin quien patentó el cemento Portland moderno en 1844 (Palomar, 2003). Desde mediados del siglo XIX comienzan a difundirse por toda Europa las patentes de sistemas de hormigón armado, como las de Hennebique, Monier o Coignet que coparán un porcentaje alto de las construcciones con este material a nivel mundial. (Simmonet, 2004). En edificación el elemento más utilizado será la losa con nervaduras de hormigón armado. Existirán muchas patentes para construir este sistema: Hennebique, Monier, Cottan-

cin, etc. Pero en la misma época se irán registrando otras patentes derivadas de éstas que incluirán un falso techo de hormigón armado. En algún caso el objetivo será el de generar «pisos dobles con corriente de aire». (Blanc, 1902)

Se han detectado este tipo de falsos techos de hormigón armado en la rehabilitación de la Alhóndiga de Bilbao [1909, arquitecto: Ricardo Bastida] (Marcos, 2014), en las Galerías de Punta Begoña en Getxo [1919, arquitecto: Ricardo Bastida] y en el edificio de Materias Inflamables en la calle Sabino Arana, en Bilbao [1922, arquitectos: Alfonso Gil y Pedro Ispizua]. En ambos casos surge el interrogante de cómo fueron ejecutados ya que en ninguno de los casos ha aparecido ningún encofrado perdido en el interior entre las dos losas.

METODOLOGÍA

Para intentar esclarecer esta incógnita se han analizado y comparado dos patentes; la patente nº 12365 registrada en Austria por François Hennebique en junio de 1903 que propone varias opciones y la patente nº 29416 registrada en España por Joseph Blanc en marzo de 1902.

Patente nº 12365 François Hennebique [1903]

François Hennebique fue uno de los pioneros en la utilización del hormigón armado y a finales del siglo XIX



Figura 1
Galerías de Punta Begoña, Getxo. Arquitecto: Ricardo Bastida, 1919. Fuente: Fotografía propia de la autora.

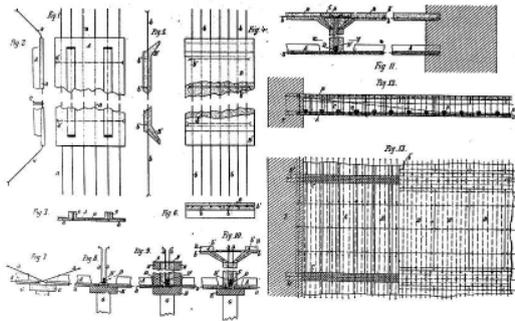


Figura 2
Descripción gráfica de la patente n° 12365 registrada por François Hennebique en 1903 en Austria

fundo una empresa para la explotación de sus sistemas de hormigón armado. Gracias a su estrategia de propaganda tuvo una expansión espectacular de sus patentes por todo el mundo. La patente de este ingeniero y constructor francés que se analiza en esta investigación fue registrada en la Oficina Real Austriaca de Patentes en julio de 1903 con el título «Verfahren zur Herstellung von Decken bzw. Fußböden aus armiertem Beton» [Proceso para la fabricación de cubiertas. Pisos de hormigón armado]. En realidad esta patente se había registrado por vez primera en Francia en 1897 con el número 265,135. Según la descripción de la patente, su objetivo principal era facilitar la construcción y puesta en marcha de estas estructuras utilizando para ello losas ligeras prefabricadas, las cuales eran fácilmente manejables y transportables. Esto agilizaba el proceso constructivo que a su vez era más económico.

En la memoria descriptiva de esta patente se establece el proceso de construcción de un piso doble

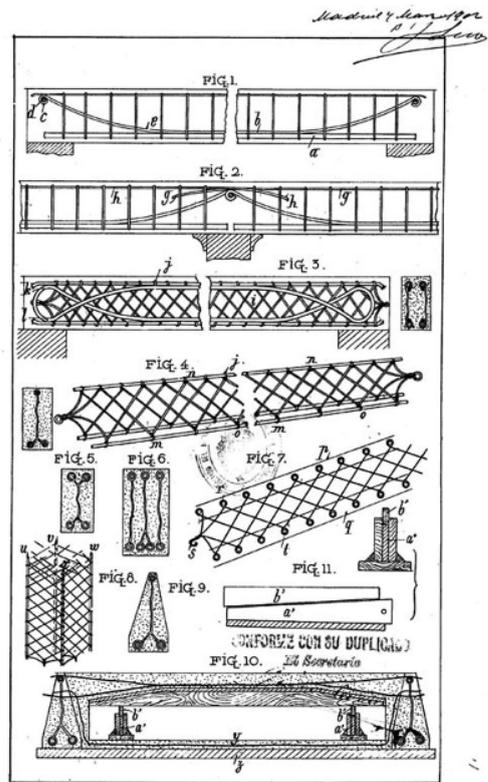


Figura 3
Descripción gráfica de la patente n°29365 registrada por Joseph Blanc en 1902 en España

ejecutado con hormigón armado. Tanto la losa superior como el falso techo inferior se moldean en taller. En el caso del falso techo inferior, se trata de una losa nervada de hormigón armado de un espesor aproximado de 3cm, con unas esperas inclinadas a ambos lados. La nervadura de esta losa prefabricada lleva de refuerzo unas horquillas de montaje. La losa superior tiene una geometría abovedada, con armado bidireccional y esperas en la zona horizontal superior.

Las piezas que conforman el falso techo inferior se colocan sobre un encofrado sencillo compuesto por puntales y sopandas de madera. Entre estas piezas se deja el espacio requerido en cada caso para conformar la base de la vigueta. En el mismo espacio se alojan dos barras longitudinales de acero que trabajan a tracción. A su vez, se pliegan las esperas de la

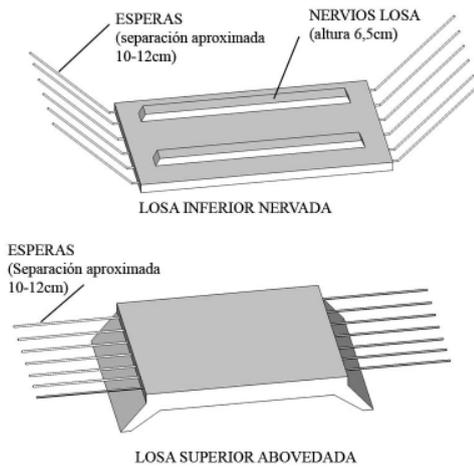


Figura 4
Representación tridimensional de las losas prefabricadas inferior y superior de la patente de François Hennebique

losa inferior a la posición vertical. Las dos barras que conformarán el nervio entre placas se reciben con mortero.

Sobre las losas que conforman el falso techo se coloca un encofrado formado por dos tablas laterales

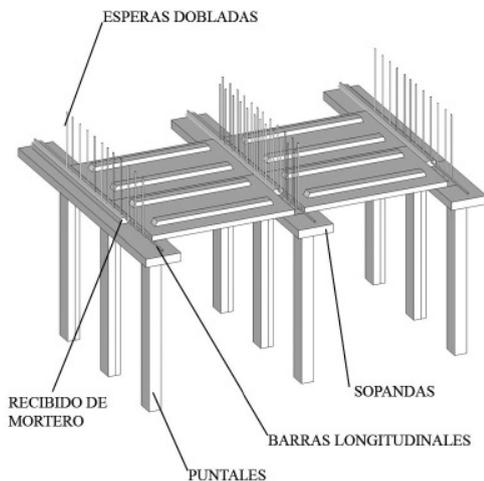


Figura 5
Representación tridimensional de la primera fase de ejecución del forjado doble de François Hennebique. Colocación de las barras longitudinales de la base de la viga y plegado de las esperas de la losa inferior.

para poder ejecutar la base del nervio de la losa. Este nervio puede ser variable con lo que, dependiendo del canto de vigueta necesario se regulará la altura del vacío. Se hace el vertido del hormigón para ejecutar la base del nervio. Tras el fraguado de la misma, sobre esta base se apoyan las «patas» de las losas abovedadas superiores prefabricadas. Esta disposición hace que se genere el hueco que ocupará la cabeza de cada nervio o vigueta.

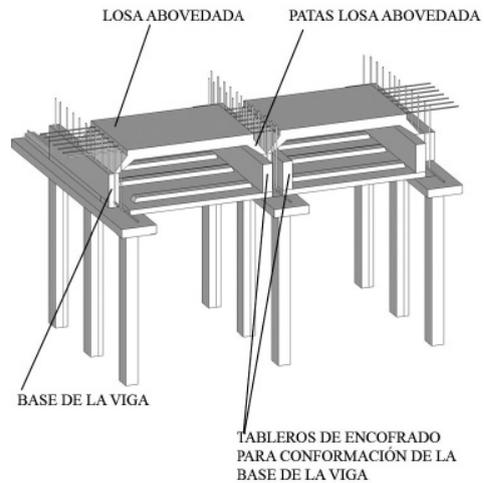


Figura 6
Representación tridimensional de la segunda fase de ejecución del forjado doble de François Hennebique. Ejecución de la base de las viguetas y apoyo de la losa superior prefabricada.

Es en esta zona donde se cruzan las esperas del falso techo inferior y la losa abovedada superior. Hormigonando este hueco en forma de «V», se unen las dos piezas prefabricadas y se completa la ejecución del nervio o vigueta en su parte superior, generando una estructura monolítica y rígida.

Se añade en la misma patente una variable al proceso descrito. En este caso, para eliminar el encofrado para ejecutar la base del nervio o la vigueta, el falso techo moldeado en taller viene con unas patillas verticales sobre las que se apoyan las «patas» de la losa abovedada.

La patente describe alguna ventaja de este proceso indicando que la losa superior permite incorporar pa-

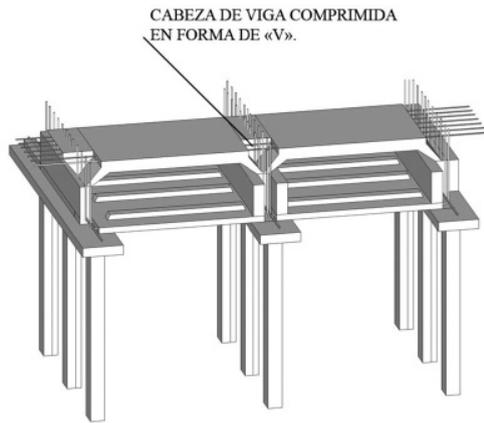


Figura 7
Representación tridimensional de la tercera fase de ejecución del forjado doble de François Hennebique. Ejecución de la cabeza de las viguetas en forma de «V».

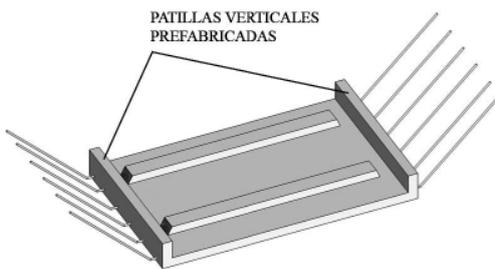


Figura 8
Representación tridimensional de la segunda variante de la patente de François Hennebique. Losa inferior de falso techo prefabricada, ejecutada con patillas verticales.

vimentos de mosaico fácilmente, incluso que la superficie superior se pueda pulir y se le puedan añadir diversos efectos decorativos. (Hennebique, 1903)

Patente n° 29416 Joseph Blanc [1902]

Joseph Blanc, anteriormente colaborador de Hennebique, se convertirá a principios del siglo XX en el directo de la Compañía Anónima del Hormigón Armado de Sestao-Bilbao. Dos de sus patentes más utilizadas son el Metal Deploye y el Poute Dalle. Esta última con número de registro 28633 se patentó en

marzo de 1902 bajo el título «Un nuevo procedimiento o sistema de construcción de cemento armado denominado Poutre-Dalle». La patente de invención analizada es una adición a ésta y se presentó 3 meses más tarde en la Dirección General de Agricultura, Industria y Comercio con el fin de introducir algunas mejoras a la primera. Es en esta adición donde se describe la ejecución de un piso doble con corriente de aire. La memoria descriptiva de la patente subraya la estrecha unión que se conseguía entre las vigas y las losas mediante la ligadura mediante alambres; de ahí el nombre del sistema [viga-forjado]. Las vigas de este sistema tenían un armado que, aunque fuera de forma intuitiva, seguían la lógica de los momentos flectores y los armados principales se ataban mediante un tejido de alambres. El forjado doble que se describe en esta patente presenta una losa nervada con un falso techo de hormigón armado. Este cuelga de los nervios del sistema. El proceso constructivo tiene una parte de prefabricación¹. Las viguetas moldeadas de antemano tienen una geometría triangular con un armado entrelazado con alambres en forma de zigzag. Para realizar este tejido trenzado se emplean alambres redondos de 5 a 8mm de diámetro.

Tras disponer el encofrado correspondiente, se colocan estas viguetas en su sitio y se rompen las cabezas para dejar el armado superior visto y poder así enlazar el alambre de espera que tiene embebido el

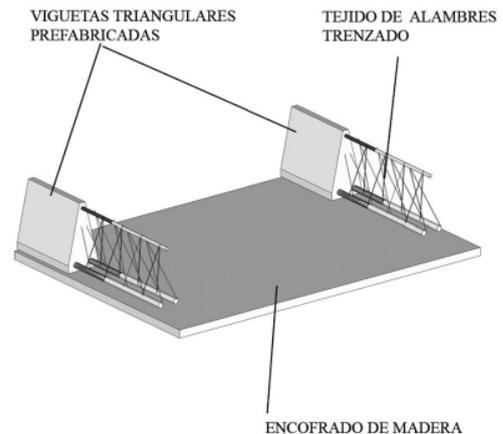


Figura 9
Representación tridimensional de la primera fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Colocación de las viguetas triangulares prefabricadas.

falso techo ejecutado in situ [el espesor aproximado del falso techo es de 3cm].

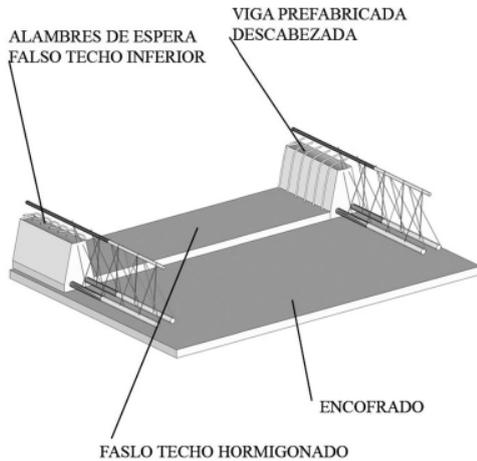


Figura 10
Representación tridimensional de la segunda fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Rotura de las cabezas de las vigas triangulares prefabricadas y ejecución in situ de la falso techo inferior.

Para poder ejecutar la «piedra hueca» que forma llave entre las viguetas, se establece un singular sistema de encofrado compuesto por tableros, cimbras y

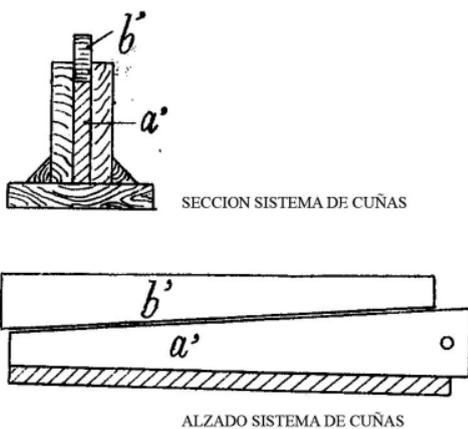


Figura 11
Sistema de cuñas deslizantes para la sujeción de la cimbra. Patente de Joseph Blanc.

cuñas deslizantes que requiere un proceso de montaje y desmontaje ordenado. Para moldear la losa superior se coloca una cimbra que se sostiene por dos piezas especiales por los que se deslizan dos cuñas superpuestas. Este sistema permite graduar la altura del vacío entre la losa superior y el falso techo de hormigón armado.

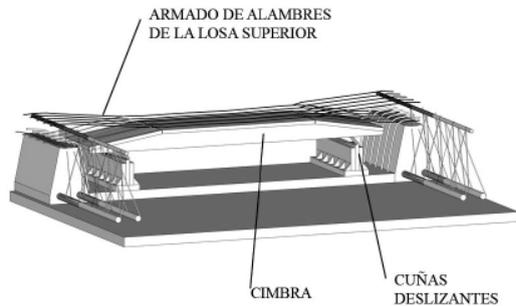


Figura 12
Representación tridimensional de la tercera fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Colocación de cuñas deslizantes y cimbras. Colocación del armado de la losa superior.

Sobre la cimbra se colocan los hierros de la losa superior que ascienden y se entrelazan con el armado superior de las viguetas prefabricadas y con las esperas que llegan desde el falso techo. Se hace el vertido del hormigón para conformar la losa superior [aproximadamente 5cm] y se enlazan todos los hierros en la zona comprimida de las viguetas. Una vez

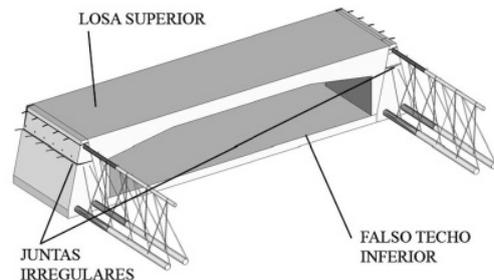


Figura 13
Representación tridimensional de la cuarta fase de ejecución del forjado doble de Joseph Blanc. Hormigonado de la losa superior.

que el hormigón está endurecido se tira del orificio de una de las cuñas deslizantes, se afloja el sistema de la cimbra, y se desarma para recuperarla y utilizarla en el siguiente tramo.

En este caso, en algún punto del vacío generado entre las dos losas debería aparecer algún encofrado o cimbra ya que, según se van cerrando los forjados, estos sistemas de madera no son recuperables. Sin embargo en la rehabilitación de algunos de los edificios en los que se ha utilizado esta patente no se ha encontrado ninguno de estos elementos. A su vez, se han identificado en algunas zonas de los forjados pequeños «montones» de grava.



Figura 14
Fotografía tomada en la rehabilitación de los forjados de la Alhóndiga de Bilbao. Montón de grava sobre losa inferior.
Fuente: Iñaki Marcos.

Esto puede tener su justificación: Para poder recuperar las cimbras allí donde se va cerrando el forjado, la ejecución se modifica. En la primera fase de ejecución del falso techo de hormigón se coloca el armado de la losa inferior, se deja un montón de grava sobre el encofrado y se hace el vertido de hormigón. Las siguientes fases se ejecutan de la misma manera. Tras el fraguado de esta zona del forjado, se retira el encofrado inferior. Con la eliminación de las tablas horizontales, parte del montón de grava cae dejando un agujero que permite sacar los elementos que conforman el encofrado y la cimbra para ejecutar la losa superior. Para poder rellenar el hueco que ha

dejado el montón de grava en el falso techo inferior se vuelve a encofrar con un tablero horizontal la zona a hormigonar y desde un pequeño orificio que se abre en la losa superior, se hace el vertido para completar el agujero que se ha utilizado para recuperar el encofrado. Con el pavimento que se coloca sobre la losa superior se tapa el agujero.

RESULTADOS

Tras el estudio de ambas patentes se puede concluir que de las tres variantes estudiadas, una de Joseph Blanc y dos de la misma patente de François Hennebique, aun siendo todas de la misma época, presentan procesos muy diferentes. Por un lado los objetivos indicados son diferentes. En la patente de Hennebique se indica que el objetivo principal es facilitar la construcción y puesta en marcha de estas estructuras utilizando para ello losas ligeras prefabricadas, las cuales eran fácilmente manejables y transportables. En cambio, en la patente de Blanc el fin de este sistema es generar pisos dobles con corriente de aire. Por otra parte, cada proceso tiene sus inconvenientes y sus ventajas.

En las dos patentes analizadas existen fases de prefabricación. En el caso de la patente de François Hennebique, las partes prefabricadas son la losa que conforma el falso techo inferior y la losa abovedada superior. En este caso, lo que se ejecuta in situ es el nervio o la vigueta. En la primera variante presentada en la memoria, es necesario disponer de un mínimo encofrado para generar la base de la vigueta. Esto implica un mayor nivel de sofisticación en el proceso de diseño de las losas prefabricadas que en la patente de Joseph Blanc, pero a su vez, disminuye el proceso de ejecución in situ. Con las mismas losas prefabricadas se pueden hacer viguetas de diversas alturas. La segunda variante presentada en la misma patente, incluso elimina la necesidad de introducir el encofrado para realizar la base de la vigueta. Para ello, introduce unas patillas en la losa que conforma el falso techo inferior. Las losas abovedadas se apoyarán directamente sobre estas patillas. Sin embargo, esto implica que tanto las patillas del falso techo inferior como las «patas» de la losa abovedada deben diseñarse y ejecutarse en el proceso de prefabricación para que el vacío que se deje entre las dos losas sea la deseada, ya que son éstas las que hacen de enco-

frado perdido para conformar las paredes del nervio y por tanto definir su altura.

En cualquier caso, tras estudiar la patente se aprecia que no existen encofrados perdidos en el proceso de construcción de estos forjados, ya que todos los elementos que conforman el encofrado se recuperan antes de que se cierre el hueco que se genera entre las dos losas.

En el caso de la patente de Joseph Blanc, se prefabrican los nervios y se ejecutan in situ el falso techo inferior y la losa superior. Esto implica que para la ejecución de estas losas se tenga que disponer de un sistema de encofrados y cimbras muy complejo y además que éste deba ser recuperable. La complejidad del proceso de ejecución in situ del forjado doble es mayor en este caso. Por otra parte, se deben romper las cabezas de las vigas prefabricadas para unir los armados de éstas con los armados de ambas losas. Esto conlleva que el sistema constructivo en su conjunto tenga juntas irregulares. A su vez, la altura del hueco entre el falso techo y la losa superior viene definida por la altura de la nervadura o vigueta prefabricada, por lo que para cada tipo de forjado se tendrá que diseñar y prefabricar una vigueta específica. A su vez, parece que el procedimiento de recuperación del encofrado y la cimbra es algo improvisado, ya que no se detalla en la memoria de la patente. Se concluye por tanto que tiene menor grado de prefabricación pero esto conlleva un sistema de encofrado y cimbra complejo y un nivel de sofisticación del sistema menor.

CONCLUSIONES

Como conclusión se puede deducir que, por el mínimo encofrado que requiere en su ejecución in situ, por el grado de prefabricación de las losas y por las posibilidades que ofrece el sistema para ejecutar nervios de diversas alturas, el sistema que más posibilidades ofrece es la primera variante que presenta Hennebique en su patente. Gracias a la estandarización de ambas losas y la mínima mano de obra que se debe ejecutar in situ hace que sea el sistema más versátil. En cuanto al sistema en su conjunto se puede deducir que se trata un precedente de

los forjados de viguetas y bovedillas que aligeran los sistemas de losas macizas que se estaban utilizando en esta época.

NOTAS

1. «... se moldean de antemano las vigas en taller, dándole una sección triangular, una vez colocadas en su sitio no hay más sino que darles refuerzo, metiendo unos hierros transversales en la armadura y dándole la posición indicada....». (Blanc, 1902).

LISTA DE REFERENCIAS

- Blanc, J. (1902): *Patente de invención nº 29416*. Madrid. Ministerio de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas. Dirección General de Agricultura, Industria y Comercio.
- Blanc, J. (1902): Construcciones de hormigón armado. Sistema la Poutre Dalle (I) y (II). En *Revista de Obras Públicas*, 50 (Tomo II): 597–600–615.
- Burgos, A. (2009): *Los orígenes del hormigón armado en España*. Madrid. Ministerio de Fomento, CEDEX–CEHOPU.
- Choisy, A. 1999. *El arte de construir en Roma*. Editado por S. Huerta y J. Girón. Madrid: Instituto Juan de Herrera, CEHOPU.
- Collins, P. (2004): *Concrete, the vision of a new architecture*. 2nd ed. Canada. McGill-Queen's University Press.
- Hennebique, F. (1903): *Verfahren zur Herstellung von Decken bezw. Fußböden aus armiertem Beton. Zur de Patentschrift Nr 12365*. Oficina Real Austriaca de Patentes.
- Marcos, I. (2014): *Constructional features of pre-normative structures of reinforced concrete. Learning and study methodology aimed at rehabilitation*. Bilbao. Unpublished doctoral dissertation.
- Marcos, I., San José, J.T., Cuadrado, J., Larrinaga, P. (2014). Las patentes en la introducción del hormigón armado en España: caso de estudio de la Alhóndiga de Bilbao. En *Informes de la Construcción*, 66(534): e024, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.032>.
- Palomar, P. (2004): *La historia más que centenaria de un importante sector: la industria del cemento*. Barcelona. VCA editors.
- Simonnet, C. (2005): *Le béton. Histoire d'un matériau*. Paris. Parenthèses.

