

Manuales sobre hormigón y cemento armado en España: 1902–1910

Francisco José Domouso de Alba

Una de las primeras experiencias con cemento armado en España data de 1891. El ingeniero de caminos José Nicolau empleó el hormigón para proteger y conservar mejor los perfiles metálicos empleados en las obras de ingeniería civil que realizaba en Cantabria. En 1893, el ingeniero militar Francesc Maciá y el arquitecto Claudio Durán, compran las patentes de Monier y crean la primera empresa española para la ejecución de obras empleando el hormigón armado («La Sociedad en Comandita»). El hormigón armado se introduce en España a través de Cataluña, la Cornisa Cantábrica y el País Vasco, zonas de fuerte desarrollo industrial en la última década del siglo XIX.

La influencia técnica y constructiva que se recibe en España en la última década del siglo XIX es principalmente francesa, y el seguimiento por parte de los arquitectos e ingenieros españoles de los nuevos materiales y procedimientos constructivos se realiza a través de publicaciones francesas y las transcripciones de estas en revistas españolas especializadas, como por ejemplo, la Revista de Obras Públicas. Pero también los ingenieros y arquitectos españoles miran hacia Italia y Alemania, aunque los avances técnicos del hormigón armado en estos países se suelen conocer a través del filtro de las publicaciones francesas.

Los primeros manuales sobre hormigón o cemento armado en España, firmados por técnicos españoles, aparecen a primeros del siglo XX, después de una amplia divulgación del hormigón armado en revistas especializadas, y las publicaciones propias de paten-

tes comerciales como la de Hennebique o Rivière («metal deployé»).

El desarrollo del hormigón armado como una técnica y no como un producto ligado a patentes se produce en Europa a finales del siglo XIX y principios del XX. Este cambio se acompaña de un soporte constructivo y teórico en forma de tratados, manuales y normativa específica. El hormigón armado deja de ser un producto para convertirse en una técnica a disposición de ingenieros, arquitectos y constructores. Es el comienzo del declive económico de las patentes.

Las patentes tuvieron gran importancia en el desarrollo inicial del hormigón armado por dos motivos fundamentales: Por un lado, se empleaban procedimientos constructivos y sistemas de cálculo de las estructuras que la experiencia corroboraba que funcionaban, pero con escaso soporte científico, por otro, servían para financiar la prueba-error de un sistema constructivo con escaso soporte teórico, ya que los derechos económicos derivados del empleo de una patente podían suponer aproximadamente el 20% del coste de la obra.

España se incorporó a la tecnología del hormigón armado con más de dos décadas de retraso respecto a Francia o Alemania. En la última década del siglo XIX (sobre todo en los últimos cinco años), obtuvieron representación en España un buen número de patentes para ejecutar obras de hormigón o cemento armado, con Hennebique a la cabeza.

El proceso de pasar de una industria ligada a patentes a un proceso constructivo «abierto», regulado

por normativa estatal duró, por ejemplo en Francia, cerca de cuatro décadas desde la primera patente de Monier, en 1865.

En 1891 se forma la Comisión Francesa del Hormigón Armado. En 1896, aparecerá la primera disposición Oficial Francesa de cálculo de estructuras de hormigón armado. En esta fecha, la administración pública francesa acepta el hormigón armado en las obras publicas. En 1906 aparece la circular ministerial francesa de 20 de octubre de 1906, relativa al empleo del hormigón armado.

Es el declive de las patentes. Los constructores y técnicos no se limitan ya a aplicar un recetario de soluciones estructurales. Proyectan y calculan estructuras de hormigón. En España, el declive de las patentes se produjo al mismo tiempo que en el resto de Europa, principios del siglo XX, pero con la diferencia de que el empleo del hormigón armado había empezado solamente una década antes. En un periodo corto, de apenas un lustro, se pasa de importar patentes y sistemas de cemento y hormigón armado franceses y alemanes, a emplear procedimientos de cálculo y puesta en obra propios (o «relativamente» propios).

La manera de que una técnica constructiva sea universal, es desarrollar teorías de cálculo y ejecución suficientemente fiables, y que estén al alcance de técnicos capacitados para llevarlas a la práctica. Desde ese momento, las patentes empiezan a perder sentido y, sobretodo, cuota de negocio. Este paso del producto a la técnica que sufrió el hormigón armado necesitaba el soporte de manuales técnicos a disposición de los arquitectos e ingenieros que quisieran emplear el hormigón armado.

Los principales manuales conocidos publicados en España por técnicos españoles entre 1900 y 1911 son:

- Luengo, Juan. 1900. *Cementos armados, descripción y cálculo de las obras*. Madrid: Bailly-Bailliere.
- Ribera, José Eugenio. 1902. *Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras*. Madrid: Imprenta de Ricardo Rojas.
- Seco de la Zarza, Ricardo. 1910. *Cemento armado. Cálculo rápido, datos prácticos*. Madrid: P. Orrier editor.
- Zafra, Juan Manuel. 1911. *Construcciones de hormigón armado*. Madrid: Imprenta de V. Tordesillas.

En este artículo analizaremos: *Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras*, de José Eugenio Ribera, y *Cemento armado. Cálculo rápido, datos prácticos*, de Seco de la Zarza. En mi opinión suponen el primer y último manual de una década que daría paso a la historia moderna del hormigón armado en España, que estaría encabezada por Juan Manuel Zafra. El *Tratado de hormigón armado*, de Zafra, fue el primer texto riguroso y científico español sobre ejecución y cálculo de estructuras de hormigón armado.

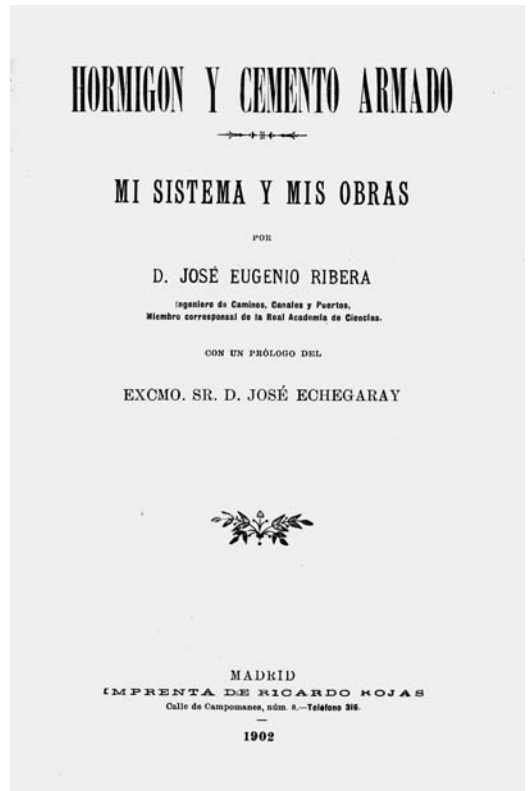


Figura 1
Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras. José Eugenio Ribera. Imprenta de Ricardo Rojas. Madrid 1902

El empleo en España del hormigón armado, entendido como material estructural (tal y como lo concebimos hoy en día), se produce por primera vez entre los

años 1897 y 1898 de la mano de Hennebique y Rivera. En 1897, José Eugenio Rivera (1864–1936), joven ingeniero de caminos español, entra en contacto con Hennebique en Francia. Como ingeniero del Estado tiene amplia influencia en los círculos profesionales y empresas constructoras de obras civiles y edificación. En 1897 se introduce en España François Hennebique, de la mano de Eugenio Ribera, con su «sistema completo» de construcción en hormigón armado (a diferencia de otras patentes, la patente de Hennebique permitía ejecutar completa la estructura de un edificio, y no solo elementos parciales de la misma). Aunque Eugenio Rivera fue concesionario y representante en Asturias en la primera etapa de Hennebique en España, la única obra importante que realizaron juntos fueron los forjados de la cárcel de Oviedo. Desde esta fecha, 1897 y hasta 1901, Eugenio Rivera se atribuye la construcción como proyectista o director de los trabajos de 54 obras de envergadura en hormigón armado (entre obras construidas con el sistema Hennebique y obras «suas»), aunque en ningún caso hace referencia al empleo del sistema Hennebique. Este periodo profesional culmina con la publicación del manual *Hormigón y cemento armado. Mi sistema y mis obras* (Rivera 1902). Esta publicación, de acusado carácter «personal», pretende reivindicar para Eugenio Ribera el máximo protagonismo en la introducción del hormigón armado en España, aprovechando el reciente declive (que se prolongaría durante casi una década) de la aplicación de patentes ligadas al hormigón armado. Para ello cuenta con un incondicional prólogo de José Echegaray.

ESTRUCTURA DEL MANUAL

La estructura del manual es la siguiente: «Prólogo», de José Echegaray, introducción, y 6 capítulos, de los cua-

les, el primero describe procedimientos constructivos y métodos de cálculo de elementos de hormigón armado. Capítulo I: «Descripción y cálculos de mi sistema de hormigón armado» (Rivera 1902, 1–19). El resto de los capítulos (del 2 al 6) son meramente divulgadores de ejemplos, ordenados por tipologías constructivas de obras en hormigón armado en las que participo el autor. Se aportan fotografías de notable interés.

Es interesante reseñar el «Resumen de las ventajas del hormigón armado» (Rivera 1902, 72–78), que pone en evidencia la necesidad de convencer aún de las bondades de la técnica del hormigón armado. Este manual consta de 78 páginas.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES RECOGIDOS

El capítulo I «Descripción y cálculos de mi sistema de hormigón armado» (Rivera 1902, 1–19), comienza con un listado exhaustivo de las obras en hormigón armado proyectadas, ejecutadas o dirigidas por Eugenio Ribera. Las obras más significativas, en opinión de Ribera, se ilustrarán gráficamente y ordenadas por tipologías, en los capítulos posteriores.

Ribera reconoce la diversidad de sistemas empleados en Europa y España a principio de siglo (Monier, Cottancin, Coignet, Hennebique, Tedesco, Bonna, Melan, Wayss, Dubois, Boussiron, Matrai, Golding, Bordenave y Unciti), y los divide (arbitrariamente) en dos grandes grupos: Los que afinan el cálculo de las piezas de hormigón hasta «grados insospechados» y por consiguiente, encarecen la ejecución de las obras, y los que, por emplear cálculos menos precisos y dimensionados más generosos, encarecen la obra por consumo excesivo de material. Eugenio Ribera, con su sistema, aspira a situarse en el «buen termino medio».

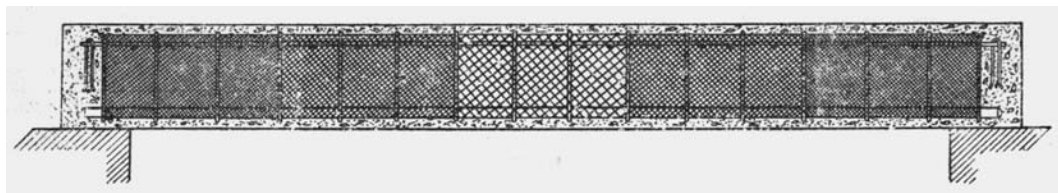


Figura 2
Cálculo de piezas de hormigón armado

El sistema de Ribera es el siguiente: para ejecutar vigas de hormigón armado emplea un armado simétrico inferior-superior, siendo mayor la sección de hierro de la zona inferior de la viga. La particularidad del sistema de Ribera respecto a otras patentes es que estos dos armados se enlazan con una tela metálica (o «metal deployé») que rodea la viga. La tela metálica es de alambre de acero retorcido, formando en la viga una doble celosía a 45°. Se disponen también horquillas de hierro redondo cada 50 cm. La tela metálica se hacía mas espesa cerca de los apoyos, punto de cortante máximo. El armado de los pilares parte del mismo principio. Generalmente se dispo-

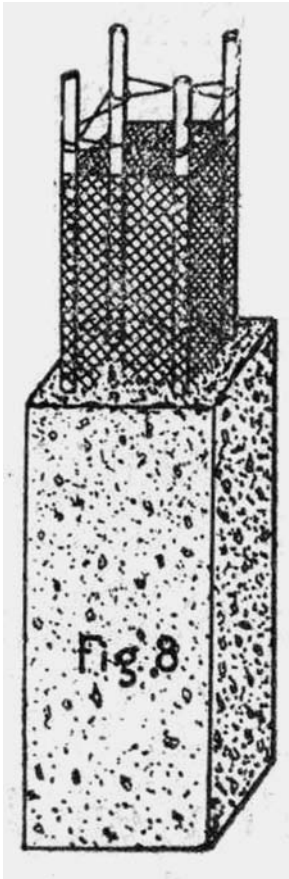


Figura 3
Cálculo de piezas de hormigón armado

nían 4 barras, una en cada esquina, y el conjunto se rodeaba con una tela metálica.

Eugenio Ribera cita a los principales teóricos de la época en cálculo de hormigón armado, advirtiendo de las indudables lagunas existentes en las formulaciones teóricas. Por ello, recomienda tomar las necesarias precauciones, «haciendo trabajar a los materiales a resistencias muy inferiores a las resistencias efectivas».

Cálculo de pilares

El planteamiento de cálculo de pilares de Ribera es por un lado contemporáneo, y por otro, podía resultar temerario. Contemporáneo, porque asigna al hormigón la capacidad portante principal a compresión del pilar, resultando la sección de hierro resistente como la diferencia entre la carga a resistir por el pilar y la resistencia de la sección de hormigón (como veremos, otros tratadistas o patentes como Hennebique o Ricardo Seco asignan al hormigón y al hierro la misma capacidad portante). Temeraria porque desprecia el pandeo (Rivera 1902, 10), aunque hay que reconocer que, dadas las hipótesis de cálculo empleadas y las alturas de pilares consideradas habitualmente, no resultaba especialmente peligroso.

Cálculo de forjados o losas

Eugenio Ribera parte de que todas las teorías de hormigón armado están fundadas en hacer trabajar al hormigón a compresión y al hierro a tracción. Para ello, y dada una sección unitaria rectangular, calcula la posición de la fibra neutra del forjado, que determinará el brazo de palanca que permitirá dimensionar las barras de hierro. En este apartado hace una de las pocas referencias de todo el manual a recomendaciones constructivas de ejecución: el recubrimiento recomendable de las barras de hierro es de 25 mm.

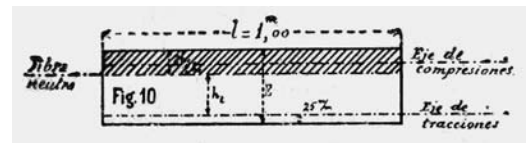


Figura 4

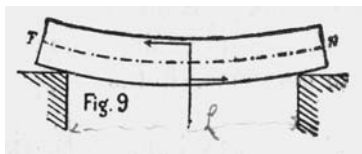


Figura 5

El cálculo de la posición de la fibra neutra resulta de equilibrar el semi-momento flector con la resistencia a compresión de una sección de hormigón rectangular: «suponiendo que la compresión se reparta uniformemente», hipótesis admitida por Hennebique (Rivera 1902, 11). El resultado publicado (Rivera 1902, 12), despejando las ecuaciones propuestas por Ribera es: $2hc = \sqrt{M_f/R_c}$, siendo hc la distancia del eje de compresiones a la fibra neutra.¹

Para calcular el brazo de palanca que permite dimensionar la sección de hierro necesaria se parte del dato hc y del dimensionado previo que debe de haber realizado el constructor: « E (el canto) es un dato del problema, que los constructores fijan a priori, con arreglo a las luces, cargas y destino del forjado» (Rivera 1902, 12).

Del predimensionado previo de la esbeltez del forjado o losa no se da ninguna pista.

Se adopta como momento flector genérico $M_f = ql^2/10$, momento flector empleado habitualmente por Hennebique.

Cálculo de vigas

Ribera considera que el forjado y la viga son dos elementos solidarios. El forjado o losa constituye la cabeza superior de una viga simple T. Análogamente al cálculo efectuado para los forjados o losas, Ribera calcula la posición de la fibra neutra, aunque, al final, concluye que esta se sitúa 1 ó 2 cm por debajo del forjado.

Cálculo de esfuerzo cortante

Ribera postula que el esfuerzo cortante ha de ser resistido por las barras de hierro superiores e inferiores y por la tela metálica que envuelve la viga. Al hormi-

gón no se le asigna ninguna resistencia a cortante. El incremento de la resistencia a cortante del elemento estructural vendrá dado por reforzar la tela metálica o «metal deployé» cerca de los apoyos.

Resistencias consideradas

La resistencia del hormigón varía según la dosificación. Ribera propone una serie de dosificaciones en función de la resistencia demandada al hormigón. Con dosificaciones de 800 kg de Pórtland por m^3 de masa, se conseguía una resistencia de 40 kg/cm^2 . Con 500 Kg/m^3 de cemento, la resistencia se reducía a 35 kg/cm^2 , y con 300 kg/m^3 de cemento (la más habitual), la resistencia bajaba a 25 kg/cm^2 . El cemento tenía que ser Pórtland, excluyéndose expresamente es cemento Laitier o de escorias.² Ribera no indica las proporciones ni características del árido o la arena. El hierro se dimensiona considerando una resistencia de 10 Kg/mm^2 , aunque, si se empleaba acero dulce Martin Siemens, se podía elevar la resistencia a 12 kg/mm^2 . La resistencia a cortante del hormigón es despreciada, y la del acero es la misma que se le asignaba pero reducida en 2 Kg/mm^2 .

CONCLUSIÓN

El objetivo de Ribera era divulgar sus obras de hormigón armado. El capítulo I «Descripción y cálculos de mi sistema de hormigón armado» (Rivera 1902, 1–19) resume de manera inconexa algunos procedimientos de cálculo de Hennebique. Esta brevedad no le resta calidad a la comprensión de la manera de trabajar del hormigón armado, como queda patente, por ejemplo, en el procedimiento de cálculo de los pilares.

La aportación de Ribera, «su sistema», consistía, a grandes rasgos, en envolver las armaduras en tela metálica o «metal deployé». Se empleó en pocas ocasiones, ya que constructivamente resultaba muy complejo (nótese que en este manual no se describe ningún procedimiento de ejecución de estructuras de hormigón armado). Ribera, desligado ya de Hennebique, necesitaba, como abanderado del hormigón armado en España, encabezar un sistema propio de estructuras de hormigón armado. Era el momento idóneo para plantearlo, aunque el resultado fuese un sistema muy forzado constructivamente. Su em-

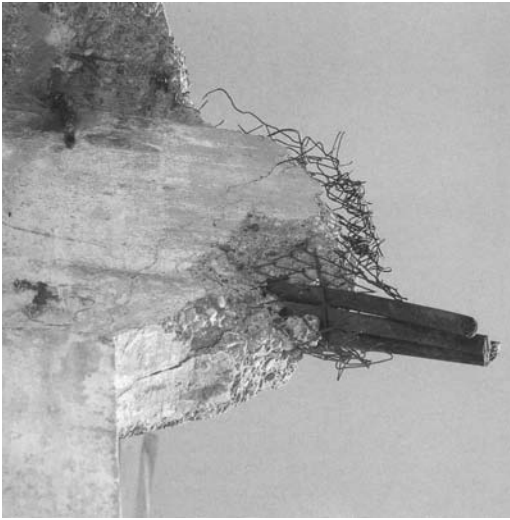


Figura 6

pleo fue escaso, limitado sobre todo a obras de su autor.

El ingeniero militar Ricardo Seco de la Garza publicó en 1910 el folleto *Cemento armado. Cálculo rápido, datos prácticos*, 8 años más tarde que el manual de Ribera. Este teniente coronel de ingenieros fue el responsable de la delegación de la casa Hennebique que se formó en Madrid en 1898, teniendo a Eugenio Ribera como concesionario en Asturias. Este manual de cálculo (no se puede elevar a la categoría de tratado) marca, a mi juicio, el final de una década de constructores y calculistas que apoyaban su actividad profesional en la experiencia contrastada de la aplicación de las patentes, en la intuición constructiva y en la aplicación de “recetas” y simplificaciones, en muchos casos burdas, pero suficientes para topologías estructurales de luces cortas y cantos generosos. Sería Zafra quien con su tratado *Construcciones de hormigón armado*, marcaría el comienzo en España de una literatura científica y rigurosa sobre el hormigón armado.

ESTRUCTURA DEL MANUAL

La estructura del manual es claramente práctica. Se divide en: reseña histórica, 9 capítulos y un apartado

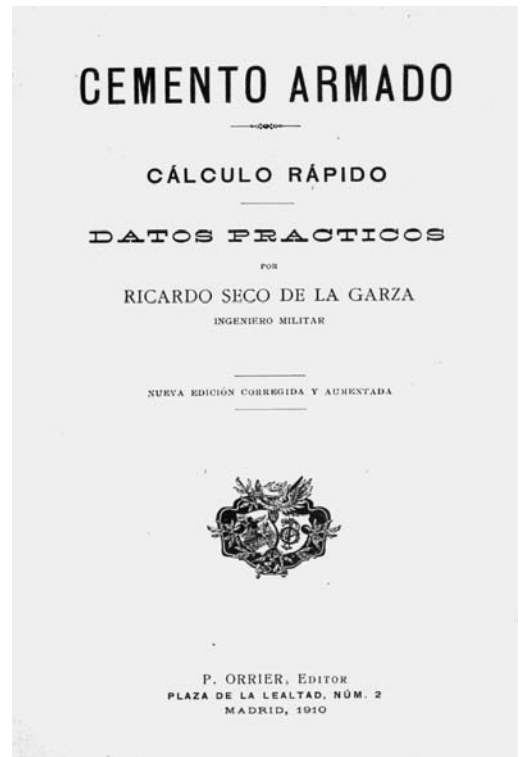


Figura 7
Cemento armado. Cálculo rápido, datos prácticos. (Seco de la Zarza 1910)

de tablas y ábacos. Consta de 123 páginas. Introduce en la cabecera y final del libro publicidad de sistemas y concesionarios Españoles de hormigón armado. Aunque este manual se publica en 1910, dedica la introducción y sus dos primeros capítulos a presentar una breve historia del hormigón o cemento armado y glosar las ventajas del cemento armado.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES RECOGIDOS

En el capítulo 4, «Principales elementos de construcción» (Seco 1910, 17), se recogen los elementos «por la combinación de los cuales se puede formar una construcción». Estos son: Losas o forjados, vigas y pilares.

Losas y forjados: Presenta y explica constructivamente los siguientes «tipos»: Mariel (similar a la dis-

posición de armaduras de las losas actuales), Hyatt, Jausom, Cottancin y Hennebique. Se trata también la losa armada con «metal deployé» (promotor publicitario del manual), aunque se le reconoce como especialmente apto para ser empleado sobre vigas metálicas. Los forjados y losas considerados como tales son aquellos que tienen menos de 10 cm de espesor. Cuando se supera este espesor, las armaduras se definen como similares a la de las vigas, e incluso, se duplican los mallazos (superior e inferior). Se recomienda para estos casos el empleo de la armadura del sistema Hennebique.

La tipología constructiva de las vigas se aborda desde la disposición de la armadura de estas: vigas «de una armadura» o «disimétricas», vigas «de dos armaduras simétricas» y vigas de una armadura inferior con refuerzo de negativos para contrarrestar los esfuerzos de empotramiento. En este apartado se desarrollan constructivamente los sistemas de vigas Monier, Societé de Creces, Parvin de Lafarge y Hennebique.

La disposición constructiva de los pilares que se recoge es la de Hennebique, aunque se admiten variantes como la sustitución de las llantas de estribos por alambres o por «metal deployé» (véase Ribera). Estos «arriostramientos» deben de situarse separados entre sí una distancia igual al doble del lado del pilar.

CÁLCULO DE PIEZAS DE HORMIGÓN ARMADO

Los procedimientos de calculo propuestos por Seco se recogen en el capítulo 5 «Cálculo rápido de piezas de cemento armado» (Seco 1910, 29–72). Se considera que la estructura de una construcción no es unitaria, sino la suma de una serie de elementos constructivos que se dimensionan y calculan independientemente.

HIPÓTESIS DE PARTIDA

La formulación de base para el cálculo parte de las teorías de Considère (empleadas también por Hennebique), estableciendo la hipótesis de que «el momento de flexión se reparte por igual entre la solera comprimida y la extendida, ya sean estas de hormigón o metálicas». El momento de flexión para el calculo de cualquier pieza queda fijado como: $M_j = q^2/10$.

POSICIÓN DE LA FIBRA NEUTRA

La posición de la fibra neutra es uno de los motivos de discusión de los principales teóricos de la época del hormigón armado. Ricardo Seco fija la posición de la fibra neutra en el eje de la pieza a calcular (esta es la disposición empleada por Hennebique y sancionada por la práctica como suficientemente segura y económica). De esta manera, son conocidas de antemano las distancias que generaran el brazo de palanca que servirá para equilibrar los esfuerzos de tracción y compresión en el elemento constructivo.³

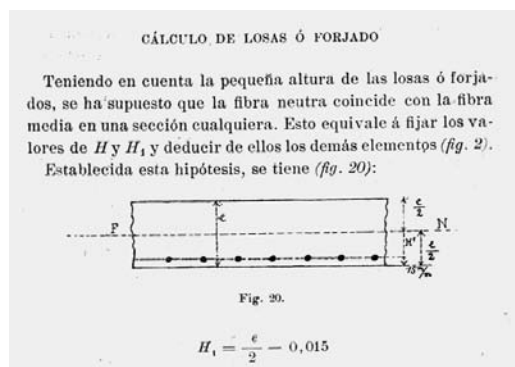


Figura 8

Para el cálculo de vigas con forjado (tipología habitual en el catálogo de Hennebique) la fibra neutra se sitúa 2 cm por debajo del forjado (Seco 1910, 36, fig. 21), ya que se considera que el forjado actúa como elemento comprimido.

DISPOSICIÓN DE BARRAS

Por regla general se emplean barras rectas de lado a lado del elemento constructivo y se sitúan en la zona inferior del mismo. Se introducen también, además de las barras rectas, barras curvas que discurren dentro de la viga siguiendo la ley de momentos flectores positivos.

Seco justifica esta disposición desde el punto de vista económico. Como no se contempla la posibili-

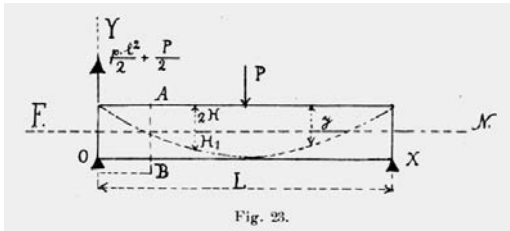


Figura 9

dad de empalmar barras ni reducir su número dentro de la viga, para reducir el exceso de metal en la parte inferior de la viga cerca de los apoyos, se opta por barras curvadas, que aportan resistencia a tracción cerca de los apoyos en la zona superior del elemento constructivo (momentos negativos). Para la construcción de vigas sin forjado (o vigas simples), se opta por armaduras simétricas, además de la barra curva. El cortante se resiste a partes iguales por los estribos y por la barra curvada, con el hierro que sobra en los puntos donde el momento de flexión no es máximo. Al igual que Ribera, se desprecia la resistencia a cortante del hormigón. La posición de los estribos se fija de manera que una línea inclinada 45° dentro de la viga encuentre siempre alguno. La disposición y tipología de estribos es la adoptada por Hennebique (llantas de hierro de 20 a 50 mm de anchura y de 2 a 6 mm de espesor), proponiéndose tablas genéricas de armado.

CÁLCULO DE PILARES

Se calculan considerando exclusivamente las cargas verticales a compresión. Se sigue el sistema de Hennebique. La resistencia se reparte a partes iguales entre las barras de hierro y el hormigón.

COEFICIENTES DE SEGURIDAD

Se considera que la experiencia ha sancionado la formulación anteriormente expuesta como suficientemente segura. Hennebique ha realizado pruebas de carga donde se ha superado la flecha admisible con una carga superior a 2,5 veces la de cálculo y se ha roto la pieza con cargas superiores a 11 ó 12 veces la prevista.

RESISTENCIAS CONSIDERADAS

Se considera una resistencia para el hormigón de 25 kg/cm^2 y para el acero de 10 kg/mm^2 . Este capítulo se completa con ejemplos de cálculo de distintos elementos de hormigón armado.

EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

En el capítulo 6, «Detalles prácticos de construcción» (Seco 1910, 73), se explican los procesos de ejecución de estructuras de hormigón armado, haciendo especial hincapié en el apartado «procedimiento general de moldes» (o encofrados). El material empleado para los encofrados es la madera. Se explica paso a paso la construcción de los moldes de cada elemento constructivo, dibujando pormenorizadamente las disposiciones de tablas de encofrado o molde. En algunos casos, Ricardo Seco recurre a imágenes de los procedimientos de Hennebique.⁴

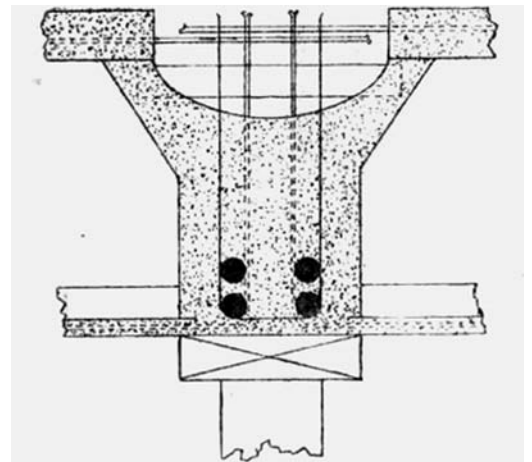


Figura 10

Genéricamente, la puesta en obra del hormigón se realiza de la siguiente manera: una vez construido el encofrado o molde se coloca el hormigón de cemento por capas de aproximadamente 3 cm de espesor, y los hierros en la posición que les corresponda, apiso-

nando el primero a fin de darle compacidad, impedir la formación de bolsas dentro de su masa y expulsar el exceso de agua que tenga. Los desencofrados se realizaban a las 24 horas de terminado el hormigonado del elemento constructivo.

Seco defiende la idea de que no es necesario emplear obreros especializados en obras de hormigón armado, sino que un buen maestro de obra y buenos «portlanistas» pueden construir fácilmente obras de hormigón armado, luchando contra la creencia, ampliamente divulgada por los concesionarios de patentes, de que la ejecución de estructuras de hormigón armado requería personal especializado y, por supuesto, caro y escaso.

Tiene en mi opinión especial interés el capítulo 7 «Por piezas construidas aisladamente» (Seco 1910, 91), en la que se introduce claramente el concepto de prefabricación en las estructuras de hormigón armado. Este procedimiento consiste en «construir separadamente cada una de las piezas del piso, cabios, vigas principales y recuadros de forjado». Estos elementos, a los que se les dejan esperas de hierro,

son unidos posteriormente en obra con mortero «muy rico en cemento». Este es el único manual donde se recoge la posibilidad de prefabricar en hormigón armado. Ricardo Seco propone soluciones adoptadas al respecto por Hennebique, Cottancin, Coignet y Bonna.

EL MATERIAL

En el capítulo 9. «Hormigón» (Seco 1910, 107), se indica «la manera de confeccionar» el hormigón armado.

Cemento a emplear: Cementos Pórtland, descartando el empleo de los cemento de escoria o Laitier.

Arena: Arenas silíceas y cuarzosas.

Grava: De cualquier naturaleza, pero en diámetros comprendidos entre 2 y 3 cm.

Dosificaciones: Se siguen las indicaciones de Hennebique: 300 kg/m³ de cemento de una mezcla, por partes iguales de arena y grava.

Para obras con elementos de pequeño espesor se emplea la dosificación de 600 kg de cemento por m³ de arena.

CONCLUSIÓN

Este manual, ampliamente influenciado por Hennebique, no pretende aportar ninguna idea original, ya sea conceptual, teórica o constructiva. Su objetivo es hacer posible la práctica del hormigón armado a través de la experiencia y conocimientos adquiridos por el autor, además del amplio conocimiento de Ricardo Seco de los sistemas empleados en España y Europa. En destacable la sencillez conceptual del planteamiento y las explicaciones de los mismo, y el esfuerzo realizado en las explicaciones de puesta en obra y empleo de encofrados. De especial interés e inédito en manuales o tratados de hormigón armado en España hasta la fecha, resulta la referencia a la prefabricación de estructuras de hormigón armado.

NOTAS

1. En la traducción de José Cebada Ruiz del manual Vacchelli, José. 1903. *Las construcciones de hormigón y cemento armado*. Madrid: Romo y Füssel (eds), se recoge una transcripción literal de los cálculos de Eugenio Ribera.

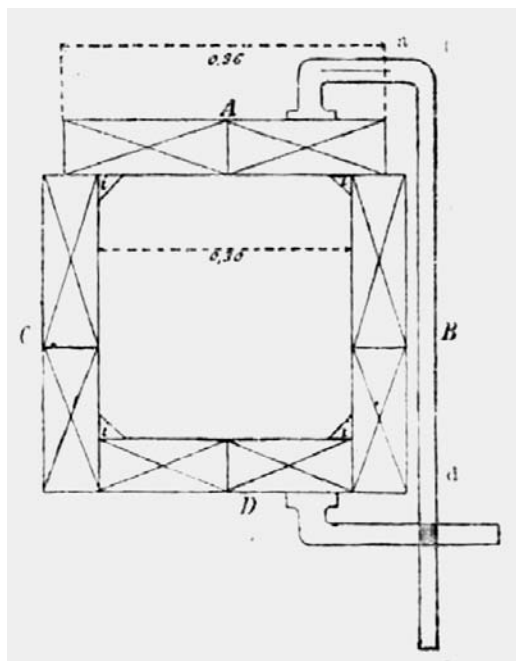


Figura 11

2. Eugenio Ribera actuó en nombre y representación del Gobierno español en agosto de 1897 en el congreso de Estocolmo de la «Asociación Internacional para el Ensayo de Materiales», en el que se debatía la idoneidad del empleo del cemento Pórtland o Laitier (cemento de escoria).
3. Nótese la diferencia entre la propuesta de Ribera sobre el cálculo de la posición de la fibra neutra y la decisión de fijar esta en el eje de la viga. Los cálculos de Ribera sitúan siempre la fibra neutra por encima del eje de la viga, lo que, al aumentar el brazo de palanca necesario para resistir el momento flector, reduce la cantidad de armadura de hierro. La postura de Seco es dogmática y no se justifica desde el cálculo, pero es más segura al aumentar la sección de hierro a emplear.
4. Resulta especialmente interesante el método para ejecutar pilares de hormigón (Seco 1910, 74–75).