

Hormigón, estructura y forma de una nueva técnica en la arquitectura española de la primera mitad del siglo XX

Jesús Anaya Díaz

En el año 1867 Monier obtiene la primera patente de cemento armado ampliando el número de éstas hasta el año 1881. En 1886, el ingeniero alemán M.Koenen¹ fue el primero en sentar las bases de una teoría para el cálculo de las placas sistemas *Monier* y, a partir de ese momento, se propagan y divulgan los estudios y las construcciones de hormigón armado en Europa al mismo tiempo que Ernest L.Ransome y Tadeus Hyatt junto a Albert L.Kahn lo harán en Estados Unidos. Sin embargo, una asociación empresarial alemana, *Wayss & Freytag*, desarrollará una labor de construcción grande en Alemania, basada en los dispendiosos ensayos practicados, haciendo progresar en esos años las soluciones constructivas en hormigón.

Ensayos y construcciones serán el capital inicial de las empresas con patentes y en consecuencia el conocimiento sobre el que descansará la puesta en obra, inclinando a los teóricos a evolucionar en la aplicación de los cálculos como instrumentos de comprobación que se debían ajustar a los resultados de los ensayos y pruebas de carga, hacia una teoría general de la Mecánica Aplicada.

La evolución y desarrollo del cemento y del hormigón se producirá a lo largo del siglo XIX en cuatro países —Inglaterra, Francia, Alemania y Estados Unidos— influyendo de acuerdo a la adquisición de patentes y desarrollos empresariales a partir de los últimos años del siglo XIX y los primeros diez del XX en los países europeos limítrofes. Pero, avanzados estos años y hasta la primera Gran Guerra Euro-

pea, se desarrollan los sistemas de cálculo mecánico de distribución de esfuerzos en las piezas adjudicando con las distintas hipótesis las partes proporcionales de los estados terminales que asumirán hormigón y acero.

Los arquitectos se volcarán a una traducción de los sistemas estructurales tradicionales de madera y acero; al mismo tiempo que tratarán de buscar la coherencia constructiva y disposición estructural de la nueva técnica, es decir, de la retícula de hormigón que, al transfundirse en el cuerpo tradicional de fábrica, chocará frontalmente con la unidad estructural y, en consecuencia, hará significativa la falta de coherencia entre fachada y estructura.

El uso de los cementos naturales descubierto por Parker en 1796 será la primera patente conocida como cemento inglés natural ó cemento romano. Previamente, en 1756, John Smeaton había descubierto que una determinada cantidad de arcilla en la composición de la piedra caliza podía servir como graduador en el empleo de la construcción hidráulica (cal hidráulica). Posteriormente, ya en el siglo XIX Joseph Aspdin patentará en 1824 la palabra *Portland Cement* planteando en 1825 las bases para el establecimiento y creación de una factoría en Wakefield.

La producción de cemento en Inglaterra será limitada, por cuanto no se conocen las determinaciones comerciales de su uso, empleándose como material de acompañamiento con otros sistemas tradicionales de construcción. Enfoscados como acabados de protección en fábricas de piedra, conglomerantes en las

fábricas resistentes de túneles (M.J. Brunel. Thames Tunnel 1848), rigidizador de estructuras con arcos de ladrillo,² así como relleno y conexión entre estructuras metálicas y elementos murarios e incluso elementos de madera construidos como láminas para descargar en forma de arco sobre elementos lineales metálicos rellenos de hormigón sobre el conjunto (Patente Deunet 1857).

El dominio en esta primera mitad del siglo en lo que se refiere al conocimiento del cemento como material, se sitúa en Inglaterra desde donde viajará para instalarse definitivamente en Estados Unidos. Uno de los pioneros del hormigón en aquél país será Ernest L. Ransome. Su padre, Frederick Ransome, había desarrollado en 1844 en Inglaterra una patente de vaciado de losas con moldes de piedra artificial posteriormente hormigonados con armaduras de cerros metálicos. Será por tanto ese conocimiento europeo el que se exporte y con el que Ransome gestione la primera empresa que utilizará el hormigón importándolo fundamentalmente de Inglaterra, la empresa será la *Pacific Stone Company of San Francisco* que dirigirá como superintendente por cuatro años desde 1870.

Ransome patentará diversas invenciones, fundamentando su trabajo práctico en los estudios teóricos modernos de Hyatt, quien en 1878 publica *An account of some experiments with Portland Cement Concrete combined with iron* y donde se establecen las hipótesis determinantes de la manera en que el acero debe resistir las tensiones de tracción, estableciendo el balance de las tensiones a compresión que resistirá el hormigón.

Hyatt se basará en los trabajos previos que un año antes 1877 había realizado con Thomas Ricketts sobre rotura de vigas de ensayo, método que tardará más de 20 años en desarrollarse y que se retomará en Alemania.

Esta dualidad planteada entre el camino americano del desarrollo del cemento y hormigón armado y el camino europeo se hace patente también en la diferencia de producción entre continentes. En 1898 se producen en el mundo 5.500.000 toneladas de Cemento *Portland* de los cuales 2.500.000 se producirán en Alemania y 300.000 toneladas, escasamente, en Estados Unidos, importando más de 500.000 este país, de las que 250.000 serán de Alemania.³

En este sentido hay que recordar que el ingeniero alemán Pettenkofer publica en 1854 un análisis exac-

to del Cemento *Portland* basándose en investigaciones de laboratorio, quedando al descubierto el secreto de las fábricas inglesas en cuanto a la producción del material, dando origen a las primeras normas alemanas el 24 de febrero de 1877 sobre las especificaciones de los cementos y creando la asociación de fabricantes alemanes *Verein Deutscher Cement-Fabrikanten*.

El desfase de la industria americana de construcción no se equilibrará con los niveles de desarrollo europeo hasta el primer decenio del siglo XX. Las discrepancias en las exigencias técnicas de los distintos Estados de la Unión así como las especificaciones de ordenanza en las ciudades, desarrollarán los trabajos científicos sobre métodos y aplicaciones de cálculo que deberán ser sancionados con la aceptación de características del material por la *American Society for Testing Materials*, cuestión que se realizará en diciembre de 1909 y cuyos procedimientos de aplicación serán regulados de manera genérica para Estados Unidos por la *American Society of Civil Engineers* en enero de 1917.

A pesar de esta tardanza algunas ciudades establecen ordenanzas y reglamentos de construcción (*Building New York Code*, 1906). La reversión de conocimientos y procedimientos americanos a Europa, se producirá a través de la importación de maquinaria americana para la producción de cemento que, en competencia con la alemana e inglesa, se realizará en ese primer decenio del siglo XX.

En España se produce tal importación por la empresa catalana *Asland*,⁴ propiedad del Conde Güell, lo que conlleva la difusión de patentes y sistemas de construcción americanos (metal *deployé* de Golding, sistema *Ransome, Seta* ó *Melan*) y, en general, patentes cuya base se situará en la utilización e inclusión de elementos metálicos⁵ chapas plegadas y alveoladas, láminas perforadas, estiradas, y sistemas de atirantados de losas y vigas cuyos orígenes son sistemas constructivos con acero, material de gran difusión en el último cuarto de siglo XIX americano. De otra parte, también darán paso a soluciones racionalizadoras de procesos tradicionales de construcción.

Rafael Guastavino, arquitecto y empresario español que patenta la bóveda catalana en Estados Unidos, también patentará en 1886 una losa de forjado formada por una bóveda catalana atirantada con un perfil laminado en su cuerda y este a su vez atiranta-

do con barras traccionadas y manguitos de tracción empotrados en los muros extremos de apoyo. Rellenando de hormigón sobre la bóveda hasta enrasar la cota del suelo.⁶

En 1855, en Europa, François Coignet obtiene la primera patente de techos de hormigón armado con armadura formada por barras de hierro cruzado. Esta patente (Francia e Inglaterra) establece las condiciones necesarias para el empleo del hormigón a gran escala, señalando el papel de refuerzo de los esqueletos o entramados metálicos dentro del cuerpo de la piedra artificial.

Sin embargo, Monier será considerado el precursor del hormigón armado en Francia, con la patente de sus jardineras de 1867, apareciendo en el mismo año en la Exposición Universal de París, numerosos elementos constructivos, vigas, bóvedas, tubos, etc. de su invención; sin embargo, los derechos iniciales de la patente prescribirán en 1876.

Desde 1867 que patenta sus jardineras, unos cubos obtenidos aplicando argamasa por ambas caras de una tela metálica (pesaban poco y ofrecían elevada resistencia), Monier obtendrá otras patentes, tuberías, paneles, puentes, escaleras, vigas y cubiertas, que serán desarrollos empíricos de un procedimiento de aplicación. La forma de los elementos constructivos señalada por los ejes trazados como una armadura metálica se recubre para establecer la rigidización o congelación de la misma, mostrando por tanto, un desconocimiento del comportamiento del material como hormigón armado. De esta conclusión, da idea el hecho, de que Monier, ante las muestras de los cambios y mejoras de Wayss, el ingeniero alemán que comprará los derechos de las patentes junto con Freytag en 1881, al mostrarle la separación de las armaduras situándolas cerca de la cara inferior una y otra en la superior de una losa, exclamó «¿Quién es el inventor usted o yo?».

Sin embargo, los derechos de su patente comprados por la sociedad *Wayss & Freytag*, juntamente con la razón social *Marteustein y Josseaux de Offenbach del Mein*, realizarán una gran cantidad de construcciones, algunas de las cuales se mostrarán en el texto divulgativo *Monierbau*, publicado en Munich, en 1887.⁷

La construcción con el nuevo material tomó un gran incremento en Alemania, Francia y Austria a partir del año 1890, desarrollándose hasta 1900. Puede decirse que no habrá tipo de construcción a excep-

ción de grandes construcciones y puentes de luces considerables, que no se hubiesen intentado.

Este auge también será debido al impulso que habría dado la Asociación alemana del Hormigón (*Deutsche Betonverein*), procurando en unión de la administración pública, los medios de ensayo y experiencia que facilitaron la práctica del nuevo sistema constructivo.

En el año 1906, y por iniciativa de esta asociación, se creó la comisión alemana para el hormigón armado (*Deutsche Ausschuss für Eisenbeton*),⁸ que desarrollará una labor investigadora y de ensayos, publicando una copiosa bibliografía orientativa y dando luz como resultado final en el año 1916, a las *Ordenanzas para la edificación en hormigón y hormigón armado (Bestimmungen für Ansführung von Bauwerken aus Beton hard Eisenbeton)*.⁹

Tres son las patentes que Hennebique registrará desde 1892.¹⁰ Su primera patente es la de una viga T en la que las armaduras se disponen en la cara inferior levantando algunas de ellas de la inferior a la superior, y doblando las armaduras para empotrarse en los extremos. Asimismo, unas pletinas dobladas en forma de U envuelven a la armadura inferior levantándose hacia la cara superior, a la manera de estribos sujetando ambas armaduras en las que secciones que existan se anclarán en el área de compresiones. La segunda patente, de 1894, trata de una losa de forjado aligerada. La tercera patente, fechada en 1898, serán unos pilotes prefabricados.

Hennebique desarrolla con el conjunto de sus patentes un sistema integral de construcción. Su concepción no es la de un entomólogo constructor, que disecciona elementos aislándolos y dotándoles de una significación constructiva según su mayor o menor facilidad de ser empleados en determinadas construcciones. Por el contrario, Hennebique plantea por primera vez un sistema completo, desde la cimentación hasta la cubierta, es decir, una forma constructiva autónoma.

El sistema muestra una jerarquización estructural, con losa, correas, vigas y soportes en unión monolítica determinando con el proceso constructivo la unidad mecánica y estructural pero, fundamentalmente su versatilidad, al mostrar un sistema de relación sin dimensiones ni localizaciones, afirmando una formulación operativa autónoma sin otra referencia que su autonomía resistente y estructural. Hennebique, junto con Consideré, pasarán a formar parte de la Comi-

sión Francesa para el empleo del hormigón armado creada en 1892.

Desde Diciembre de 1900, con las experiencias de la Exposición de París y bajo la dirección de M. Rabut, ingeniero que impartirá en la Ecole Polytechnique en 1897, el primer curso sobre hormigón, redactarán *Experiences sur la resistance et les deformations d'ouvrages construits por L'Exposition de 1900*, base de las que serán primeras normas europeas para el empleo del nuevo material. La *Circulaire Ministerielle Francaise sur l'emploi de beton armé* de 20 de octubre de 1906¹¹ será la primera normativa europea que sancionará los sistemas de cálculo y las fórmulas a emplear en el cálculo de deformaciones, esfuerzos y dimensiones de las piezas, de manera universal e independiente de la forma y patentes al uso. Se definirán también los coeficientes de seguridad, dándose valores a las variaciones térmicas y de volumen y variaciones de volumen resultante de la retracción.

Hay que tener en cuenta que los inventores de las patentes dominarán el uso y procedimientos a seguir con sus patentes, estableciendo una serie de métodos empíricos, así como, la orientación técnica y científica de teóricos como Wayss, Mazas, Coignet, Tedesco, Planat, Melan, Thullie, Siptzer, Emperger, Ritter y otros que indicarán procedimientos de cálculo para diversas construcciones de hierro y cemento, dando fórmulas que, aunque en hipótesis más o menos aproximadas, y que por tanto no tienen siempre una exactitud rigurosa, parecen conducir a unos resultados suficientemente en armonía con los hechos prácticos.

En España, Ricardo Martínez Unciti, ingeniero militar y arquitecto en enero de 1901 funda *El Cemento Armado*, revista mensual ilustrada de sus materiales y de sus aplicaciones civiles y militares en Madrid.

La revista de *Obras Públicas*, órgano editorial del cuerpo de Ingenieros de Caminos también desarrollará desde el primer año del siglo una labor de divulgación del material¹² en artículos de Eduardo Martínez y Ruiz de Aranza,¹³ Gabriel Rebollo y uno de los ingenieros pioneros en nuestro país utilizando el hormigón armado como será José Eugenio Ribera.¹⁴

El periodo de las invenciones para el hormigón armado acabará, según Ransome,¹⁵ en 1904 con la concesión de la patente a A. Consideré de un sistema de pilares zunchados helicoidalmente y cuyos resultados

extrapolará a una armadura en forma de muelle en las zonas a compresión de las vigas.

En nuestro país, con el principio del siglo comenzará también un periodo de invenciones: Sistema Ribera, sistema *Unciti*, sistema *Jalvo*. Un ingeniero español destacará en este ambiente, José Eugenio Ribera, se situará entre aquellos que hicieron posible con sus invenciones el desarrollo e interpretaciones de las construcciones con hormigón armado. Profesor de la Escuela del cuerpo de Ingenieros de Caminos, que llegará a dirigir, patentará en 1901 un sistema propio de construcción con hormigón armado, el Sistema Ribera.

En España las patentes que se introducirán al comienzo del siglo XX serán las patentes de Metal Deployé cuya concesionaria, La *Compagnie du Metal Deployé* asentará sus talleres en Zorroza (Bilbao).

La patente de J.F. Golding de Chicago inicialmente usada para refuerzos de tabiques y cielos rasos se reconvertirá en Europa con el sistema Matrai que utilizará este material junto con armaduras para fabricar losas armadas y que en España será reutilizado por J.E. Ribera en su sistema. El sistema *Monier* explotado por la sociedad de Claudio Durán, establecida en Barcelona, en 1894.

A pesar de que en el país se desarrollarán otras patentes, sistema *Coignet*, *Dubois*, *Boussiron*, *Bona*, *Matrai*, *Bordenave* y el otro sistema español, sistema *Unciti*, un sistema que tendrá gran divulgación será él llamado *Poutre Dalle* cuya empresa concesionaria francesa, *Société Generale de Ciments Portland* se constituirá en la Compañía Anónima del Hormigón Armado de Sestao (Bilbao) y cuyo secretario general de la dirección será el ingeniero Enrique Colás, personalidad relevante dentro de las tendencias arquitectónicas renovadoras en el primer cuarto de siglo. Será un divulgador y teórico del hormigón armado¹⁶ colaborando con arquitectos tan significativos ideológicamente como Luis Lacasa en proyectos como el concurso de la Compañía Arrendataria de Tabacos en 1925.¹⁷

Por último la patente Hennebique tendrá también un gran desarrollo siendo representada por José Eugenio Ribera con la que ejecutará numerosas obras hasta el año 1901 en el que dejará la dirección de la sociedad a Gabriel Rebollo para divulgar y construir con su sistema.^{1,8}

Su obra anterior dedicada al estudio del acero y sus aplicaciones, analizando y construyendo puentes, fa-

ros y pilotajes metálicos sistema¹⁹ también se situarán en la cabecera de los intereses técnicos europeos de la época, como demuestra la contemporaneidad de las instrucciones francesas para el empleo del acero y sus fórmulas de cálculo. Circulaire ministerielle de 9 juillet 1877, para puentes metálicos, una normativa que sintetizará con los criterios de cálculo y de deformación de vigas y puentes, y que será la base de los sistemas posteriores de cálculo en hormigón, reutilizándose en muchos casos durante este primer periodo de las invenciones y hasta la circular francesa sobre hormigón de 1906 para el cálculo de este material.

Entre Ribera y su discípulo Eduardo Torroja, que trabajará también en su oficina en los primeros años de profesión, constituyen los dos extremos de un proceso singular en España como es liderar con sus actuaciones y estudios, corrientes innovadoras en el ámbito europeo en el campo científico y técnico al mismo tiempo que desde sus posiciones de origen puramente tecnológicas, acercarán con sus ideas los nuevos procesos a la arquitectura del primer tercio de siglo y en la aplicación y el enfrentamiento con las soluciones arquitectónicas contemporáneas denotarán las contradicciones entre las tipologías tradicionales y la aplicación de las nuevas técnicas.

En el caso de José Eugenio Ribera, será la racionalización de los sistemas constructivos, valorando el uso del nuevo material como solución constructiva racionalista en cuanto la idoneidad del material se ajusta a las diversas exigencias de monolitismo, impermeabilidad, seguridad contra el fuego, durabilidad, y por tanto reinterpretando los organismos constructivos tradicionales en una traslación directa de material.

La idea de perfeccionamiento de los procesos es la que llevará a replantear a Ribera, las soluciones de las distintas patentes que utilizará considerando el armado de las vigas con armadura superior e inferior, diferenciándolas según su trabajo, uniéndolas mediante un estribado en forma de lazo y añadiéndole como seguridad frente a los problemas de mala ejecución, metal deployé en sus caras laterales e inferior con su trama girada 45° respecto a la directriz, dándole continuidad a esta trama en las losas que proyecta.

Pero en todos los casos el acceso de las distintas soluciones se integrarán en un conjunto en el que el interés se situará en un perfeccionamiento del concepto de racionalización constructiva.

La otra vertiente de esta actitud ecléctica de José Eugenio Ribera será el enfrentamiento a la política del mercado que suponía la exigencia de pagos por los derechos de privilegios de los inventores elevándose al 10 por 100 del valor de los contratos, cantidad a la que se sumarán las comisiones de los agentes y las sociedades concesionarias que también se estimarán en otro 10 por 100, encareciendo finalmente el cemento armado y el hormigón.

El dominio de los procedimientos y las exigencias económicas dominarán el panorama constructivo y la aplicación del nuevo material, durante más de 15 años. Ribera liberará a la construcción de las limitaciones de las patentes como sistemas que determinarán soluciones constructivas rígidas al mismo tiempo que determinantes de la forma final.

La producción de Ribera reflejará a lo largo de los últimos años del siglo XIX y comienzos del XX, el tipo de construcciones que tendrán más difusión, así como las diversas fórmulas de adaptación de las nuevas técnicas en la producción arquitectónica española.

Es un periodo que podemos situar entre los años 1890-1914 con las primeras experiencias de aplicaciones en España del hormigón armado realizadas por el ingeniero de caminos Nicolau, quien construyó traviesas para ferrocarril, formadas por prismas de hormigón, armadas con carriles viejos, siguiendo las soluciones de la patente Coignet, y a la que siguieron inmediatamente las aplicaciones del arquitecto Claudio Durán y el ingeniero militar Francisco Maciá con el sistema Monier, construyendo depósitos para líquidos como principal realización.

En estos años las construcciones más comunes serán de tipo industrial: depósitos de líquidos, silos de grano, construcciones fabriles, centrales eléctricas, talleres, etc, al tiempo que se comienzan a producir ciertas traducciones de material en construcciones de edificios públicos.

La construcción de depósitos y silos permitirá poner en práctica a Ribera la construcción de la retícula de hormigón como técnica, evolucionando ésta con las variaciones geométricas, cargas y usos, al mismo tiempo que ensayará algunas interpretaciones formales como en los silos para cemento de la fábrica Tudela Vegin (en Asturias) del año 1900, o la Fábrica de Harinas de Badajoz de 1900, donde la retícula de vigas y pilares se manifestará de manera limpia en fachada y donde las paredes del edificio formadas

por el entramado tabicarán con ladrillos, los huecos incluyendo las ventanas en los paramentos.

En el campo de las obras civiles, Ribera conciliará tecnologías de distinta procedencia en una técnica nueva. El proyecto del puente de las Segadas (Oviedo)²⁰ y un puente en Mieres, señalan uno de los momentos más relevantes en la idea y aplicación de sus ideas, se trata de dos puentes de arcos triarticulados cuyo proyecto interpretará las soluciones de las construcciones metálicas en las que dichos arcos servirán de apoyo al viaducto de soporte también construido en hormigón armado y que junto a las articulaciones diseñadas en hierro fundido, se encofrarán con los arcos, cubriendo la mayor luz hasta ese momento en España de 50 metros.

Esta traducción de material interpretará a su vez una traslación de tipologías estructurales que sancionarán los nuevos valores del material, monolitismo y esbeltez, es decir simplificación de las estructuras.

En el año 1903 se funda la revista *La Construcción Moderna*, una revista quincenal de Arquitectura e Ingeniería según se titulará con sede en Madrid y que dirigirá hasta el año 1933 el ingeniero militar Eduardo Gallego. Aparece esta publicación como se manifiesta en la editorial de cabecera habida cuenta «... que el número de publicaciones científicas que en España existen sea relativamente pequeño, y que éstas, en su totalidad, necesitan ser órgano de cuerpo determinado, para asegurar las más perentorias necesidades».

La revista que encabezará su publicación con un artículo del ingeniero militar José Marva Mayer, uno de los teóricos que más trabajará en el desarrollo científico y técnico del final del siglo XIX y comienzo del XX²¹ sobre el conocimiento de materiales, será plataforma de las experiencias con materiales nuevos y las aplicaciones innovadoras, de presentación de patentes y la labor de construcción sobre todo en el ámbito madrileño desde el punto de vista técnico.

Eduardo Gallego se proyecta como un propagandista de las nuevas técnicas, (medio ambientales, higienismo, nuevos materiales, etc.) y en especial en difusor de las técnicas del cemento armado. Impulso que llevará a cabo en estos años a través de la asociación con el también ingeniero de caminos José García Benítez, dirigiendo ambos la *Sociedad Aplicaciones de la Ingeniería*.

Los artículos publicados oscilan desde las noticias de lo construido, hasta el análisis técnico y matemático de los sistemas constructivos utilizados, o los nuevos que aparecen en el mercado. La comparación del cálculo dimensional confrontando patentes y fórmulas, o tablas y ábacos ofrecidos por la industria del ramo, servirán también para esclarecer el panorama industrial del país, así como establecerá criterios operativos con los sistemas ofertados por éstas industrias.

En 1902 se publica el proyecto ganador del *Concurso de Proyecto de Casas Económicas, Higiénicas e Incombustibles para Obreros*.²² El proyecto presenta una edificación de 5.00x6.25 m con dos plantas y una terraza accesible. La imagen es sorprendente para el ambiente español. Presenta un *modelo*, una estructura reticular sin decoración alguna compuesta por cuatro pilares principales y ocho más pequeños que partiendo las luces de los paramentos, ayudarán a construir el acceso exterior y escaleras. Los huecos que deja la estructura, se rellenarán con un muro de ladrillo donde se sitúan los huecos de ventana, que aprovecharán como cargaderos las vigas de planta. La planta es libre totalmente, el esquema funcional se representará a línea simple.

La imagen del modelo se muestra como un todo autónomo, en el que las líneas de estructura de los pilares secundarios de menor tamaño, unen las piezas tanto horizontales como verticales, dando unidad a cada paramento, a partir de la filosofía del hormigón zunchado, de la que son partidarios sus autores. Pero fundamentalmente lo que se destila es la independencia entre estructura y fachada, al mismo tiempo que ésta, la retícula, se manifiesta como un elemento significativo de la forma, es decir, del modelo.

El 8 de abril de 1905 se produce el hundimiento de las cubiertas del tercer Depósito del Canal de Lozoya, de bóvedas de hormigón parabólicas rebajadas al 1/10, con un espesor de 0.05 metros en la clave y 0.10 en el arranque, que apoyadas sobre pilares de 0.25x0.25 m y 8.50 metros de altura, salvaban una luz de 5.77 metros.

El proyecto y construcción es de José Eugenio Ribera que dirige la *Compañía de Construcciones Hidráulicas y Civiles*.

A partir de esta fecha, la construcción en cemento armado u hormigón decrecerá de manera importante, inclinando la trayectoria de las ofertas con el material, hacia el higienismo el uso del material como

piedra modelable en fachadas, recuperando los suelos de viguería metálica la confianza a flexión que se retira al hormigón.

Dando la espalda a estas experiencias, una serie de ingenieros²³ mantendrán el interés por acercar sus estudios sobre mecánica a la comprensión del comportamiento del material, mientras que se reeditarán textos,²⁴ clásicos de consulta como el Manual del Constructor de Seco de la Garza, recuperando la fiabilidad de las fórmulas clásicas utilizadas a finales del XIX, o el texto por cuarta vez reeditado, *Mecánica Aplicada a las Construcciones* de José Marv,²⁵ 1909. Profesionales como Enrique Cols²⁶ defenderán sin embargo el uso del hormigón por su maleabilidad, en un intento de mantener la producción de cemento en el país. La discusión sobre los accidentes y hundimientos de las construcciones de hormigón tomar el interés de muchos ingenieros y arquitectos, Emperger o Bassegoda,²⁷ en España, analizarán los problemas de las empresas concesionarias, encareciendo con comisiones las contrataciones, rebajando los cuidados del trabajo, habida cuenta del alza del precio de la mano de obra, e incluso la variación y achicamiento de las secciones y dimensionados de las piezas como manifestaciones económicas frente a los sistemas tradicionales de construcción, y la competencia en la adquisición de los contratos de construcción.

Autores como Bassegoda, echarán también de menos la indeterminación de los coeficientes de trabajo del hormigón y el hierro, así como la todavía indeterminada fibra neutra para secciones heterogéneas  no uniformes.²⁸

En este ambiente, se publicará una obra que fundamentar en España las técnicas científicas propias para el hormigón armado. Es el texto de Juan Manuel Zafra, ingeniero de caminos, «Construcciones de Hormigón Armado»,²⁹ quien inaugurará la clase de Construcciones en hormigón armado en la Escuela de Ingenieros de Caminos de Madrid.

En el texto, Zafra define su posición universalista respecto a las condiciones y características técnicas que debe cumplir el hormigón, «... Para nosotros no hay mas que un solo sistema: el de poner armadura donde y en la forma que un estudio atento de las deformaciones de cada pieza, ha de sufrir por su trabajo propio y por su enlace con las contiguas, revela que el hormigón necesita ayuda. Este sistema no es de nadie y es de todos los que saben mecánica aplicada a la construcción...».

Se reivindica así el derecho de uso y aplicación libre de la técnica, liberando a ésta de los derechos de propiedad de los particulares y las patentes, y frente a las soluciones constructivas de las patentes basadas, en formulaciones empíricas, interpretaciones de hipótesis simples mecánicas, o reinterpretaciones mas o menos racionalistas de soluciones constructivas basadas en las tecnologías de otros materiales, Zafra define la sección resistente como una solución autónoma del sistema constructivo utilizado y de su forma.

La situación de la construcción con hormigón armado en 1913 es de paro casi total, según señala E. Gallego,³⁰ solamente algunas realizaciones singulares como el edificio del Fénix en la Gran Vía Madrileña, el Palacio del Hielo  algunas construcciones de teatros, Teatro Reina Victoria en San Sebastián se llevarán a cabo.³¹

Una imagen nueva aparece en el ambiente arquitectónico español, los proyectos de Teodoro Anasagasti, tanto los que presenta en la Exposición Nacional de Bellas Artes en mayo de 1912, o el monumento a S.M. la Reina María Cristina en San Sebastián, avanza ideas de formas singulares cuyo denominador común es mostrarse con el mismo carácter que Juan Manuel Zafra señalaba para el hormigón, es decir un material sin juntas, un material continuo. Las perspectivas de las construcciones donde abundan elevadas torres y limpias volumetrías no muestran explícitamente su ser constructivo, pero el apiramidado de los paramentos, los acabados redondeados, nos recuerdan su origen en un material fluido y moldeable, al tiempo que las explícitas esbelteces de las torres nos revelan un organismo constructivo que las estabiliza, alejándose de las limitadas posibilidades para esas condiciones dimensionales aparentes de soluciones tradicionales en estructuras murarias.

Este primer periodo en el desarrollo de la aplicación técnica del hormigón armado en España podemos considerar que toca a su fin en el año 1914, al comenzar la gran Guerra Europea en la que España al no tener participación y con la cada importante de la producción industrial y de las industrias de materiales en Europa, se multiplicarán las necesidades de fabricación y de exportación. Terminada esta etapa, una revalorización del hormigón como material de construcción económico se extenderá entre técnicos y empresarios.³² El esfuerzo normativo y orientador que en los dos últimos años realizan técnicos y teri-

cos para generalizar los procesos de cálculo sobre hipótesis matemáticas fiables se completarán con una nueva serie de publicaciones cabo³³ en favor de las características del material. En casi todas ellas se insinúa un principio que Juan Capmany, ingeniero que desarrolla una labor amplia de construcciones en Cataluña al frente de la *Compañía Pavimentos y Construcciones*, enunciará así: «abogamos por el consorcio de la expresión matemática y la forma estructural».³⁴

En el año 1905 se crea una compañía, la sociedad *Miró Trepal y Cía*, que se transformara en *Pavimentos y Construcciones*. En el cuadro técnico, Juan Capmany será ingeniero jefe de la oficina técnica y los arquitectos Lluís Homs, director técnico y Eduardo Ferrés Puig director artístico, completando dicho cuadro ingenieros industriales, arquitectos y otros especialistas.³⁵

La compañía construirá obra civil, construcciones industriales y edificación. Serán las primeras especialidades las que tendrán un desarrollo mayor desde el año 1910 al 1914 las construcciones que llevarán a cabo en este tiempo son una excepción tanto para el ambiente catalán como para el resto del país, fundamentando su obra en fórmulas científicas muy contrastadas.³⁶ Por una parte, por la variedad de tipologías que se interpretarán con la aplicación de la nueva técnica y de otra porque será la estructura reticular de hormigón el instrumento que las posibilitará.

La libertad que ofrecerán los programas de edificaciones industriales sin imposiciones ni compromisos formales y expresivos previos, permitirán todo un conjunto de soluciones derivadas directamente de las soluciones constructivas.

La simplificación constructiva en el desarrollo de las tipologías por una parte y de otra una tendencia hacia el elementalismo estructural, se manifestarán tanto en el espacio interior como en las fachadas, incluyendo en el lenguaje expresivo de éstas la estructura, cuyo sustento formal se presentará como la imagen de las patentes.

Así pues, la estructura comenzará a tomar relevancia en la definición de la forma. En esta dirección, destacará una personalidad de manera sobresaliente por sus realizaciones y que si bien no ha tenido presencia en las historiografías oficiales suponemos se debe al encuadramiento en el amplio cuadro técnico de ingenieros y arquitectos de la compañía *Pavimentos y Construcciones*; se trata del arquitecto Eduardo

Ferrés Puig cuya actividad más destacable la llevará a cabo en un lapso de tiempo pequeño, del año 1909 hasta los años veinte.

Ferrés, como director artístico de la compañía, será el encargado de traducir formalmente una serie de soluciones partiendo de supuestos meramente técnicos, económicos y empresariales en el caso de los proyectos de fábricas, depósitos, silos, etc. con un lenguaje constructivo, al mismo tiempo que la representación decorativa y la figuración perderán entidad para sobreponerse en una cierta abstracción geométrica cuya base dimensional será establecida por el mecanismo estructural.

Aplicará en el proyecto de casas aquellos principios que utiliza en las construcciones industriales construyendo las fachadas con la propia estructura. Manifestando también los vuelos de cuerpos de edificación, tanto en balcones como en *bow window* o torreonos de manera acusada. Los huecos no mantendrán la primacía del decoro y frente al valor del orden dimensional de la estructura quedarán relegados a formas negativas haciendo corresponder el valor de la forma con las líneas de construcción.

El proyecto en el que Ferrés sintetizará sus interpretaciones de aplicación del nuevo material será en los *Almacenes Damiáns*, suponen un singular episodio en la construcción de la arquitectura española del primer tercio del siglo XX porque en la solución de Eduardo Ferrés, el análisis más somero de la fachada, nos da una incontestable respuesta sobre los criterios constructivos y arquitectónicos, al mismo tiempo que nos adelanta la génesis estructural explícitamente. Un solo pórtico de tres vanos, uno central mayor construido con cuatro pilares sostiene una serie de bandejas horizontales.

A excepción de las líneas de estructura, el edificio es un plano continuo de vidrio, los huecos se ajustan en todos sus bordes a los de la estructura, sirviendo esas líneas como base de una exquisita valoración decorativa.

En el interior la contundencia dimensional de las vigas jácenas principales enmarcará las líneas fluidas de borde de losas y escaleras sobre las que se apoyan, creando así una clara unidad espacial la continuidad en altura de las losas horizontales. Las losas horizontales de planta parecen doblarse y convertirse en losas de escalera apoyándose exclusivamente en la retícula principal, afirmando material y estructuralmente su monolitismo y unidad estructural.

En suma, frente a las soluciones de camuflaje o aquellas otras en las que una tipología tradicional constructiva se transformará por partes, metamorfoseando soluciones de elementos constructivos por las de las patentes con el nuevo material, obteniendo una robotizada y rígida unión de soluciones disímiles, Ferrés propondrá la estructura reticular de hormigón como un todo constructivo, fundamento de la expresión formal y base constructiva de la arquitectura, hecho que en el ambiente español será una de las primeras y más radicales interpretaciones de la nueva técnica en la Arquitectura de la primera mitad del siglo XX.

NOTAS

1. Koenen, M.: *Centralblatt der Bauverwaltung*. 1902. Avanzará el primer método racional de cálculo en 1886, estableciendo en mayo de 1902, con la publicación de sus hipótesis de cálculo, la línea neutra (Straight Line Formula).
2. Ransome, E.: *Basic Patents for Inventions relating to reinforced concrete and short survey of the early history of art*, Alexis Saurbrey. McGraw-Hill Book Company. New York, 1912.
3. Vacchelli, J.: *Las Construcciones de hormigón y de cemento armado*. Romo y Füsell Editores. Madrid, 1903.
4. Las Fábricas de Cemento de la Compañía General de Asfaltos Portland Asland Barcelona. *La Construcción Moderna* Enero de 1921. *Cementos*. Revista editada por la Compañía de Asfaltos y Portland Asland, 1921
5. Ransome, E.: Saurberry, A.: *Op.cit.*
6. Guastavino, R.: *Essay on the theory and history of cohesive construction*. Boston, 1893.
7. Kayser, H.: *Hormigón Armado*. Editorial Labor. Buenos Aires, 1926.
8. *Comisión Alemana del Hormigón Armado (Deutscher Ausschuss für Eisenbeton)* cuyas publicaciones regularán a partir de 1910 las influencias de las piezas de hormigón armado de los fenómenos de variación de volumen de hormigón y las tensiones internas debidas al fraguado y a la temperatura.
9. Graf. *Zeitschrift da Vereins deutscher Ingenieure*, 1912.
10. Hennebique *Ferro-Concrete Theory and Practice*. L.G. Mouchel & Partners. Ltd. London, 1909.
11. Braive, J.; Mesnager, A. *Aide-memoire de l'ingenieur-constructeur de béton armé*. H.Dunod et E.Pinat. Editeurs. Paris, 1914.
12. Pardo, M.: *Materiales de Construcción*. Madrid, 1879.
13. Vachelli, J.: *op. cit.*, p.8
14. Boncorps, C.: «Cálculos de Estabilidad del Hormigón y el Cemento Armado. Anuales des Chemins Vicinaux 1899». *Revista de Obras Públicas*. Enero de 1900.
15. Ransome, E.: *Reinforced Concrete Buildings*. McGraw Hill Book Company. New York, 1912.
16. Colas Hontan, E.: «Hacia la nueva estética». *Rev. Arquitectura* nº18. Madrid octubre de 1918
17. «Concurso de Tabacalera». *Revista Arquitectura* nº80. Madrid, diciembre de 1925.
18. Ribera, J. E.: *Hormigón y Cemento Armado – Mi sistema y mis obras*. Imprenta de Ricardo Rojas. Madrid, 1902.
19. Ribera, J. E. «Estudio sobre el empleo del acero en los puentes». *Revista de obras públicas* nº 7,9,10. Madrid, 1896. Tomo I.
20. Ribera, J. E.: «Puente de las Cegadas». *Revista de Obras Públicas*, nº 18 / 25. Abril de 1901.
21. Marvá Mayer, J. «Los materiales de construcción y los laboratorios de ensayo». *La Construcción Moderna*, nº 1. Madrid, 1903.
22. Gallego, M.; G.Benítez, J.: «Proyecto de Casas Económicas, Higiénicas e Incombustibles para Obreros». *La Construcción Moderna*. Madrid. Abril de 1903.
23. Gallego, E.: *Colección Estudios y Tanteos. 10 tomos. Cemento Armado Cálculo y Construcción. Tomo VI. Cemento Armado. Aplicaciones Prácticas. Tomo VII*. Imprenta de Juan Pueyo. Madrid, 1917.
24. Martínez Unciti, R.: *Mecánica aplicada al Cemento Armado*. Madrid, 1904. Imp. Julián Palacios.
25. Marvá Mayer, J.: *Mecánica aplicada a las construcciones*. Imprenta y litografía de Julián Palacios. Madrid, 1888.
26. Colás, E.: «¿A qué es debido el desarrollo de las obras de hormigón y cemento armado?». *La Construcción Moderna*. Madrid, agosto de 1905.
27. Emperger, M. Fr. «Accidentes en las construcciones de hormigón armado». *La Construcción Moderna*. Septiembre de 1909. Bassegoda, J. «El cemento armado en la Arquitectura». *La Construcción Moderna*. Mayo de 1911.
28. En España solo se dispondrá de las *Instrucciones Reglamentarias para el empleo del cemento armado*, redactadas por el laboratorio de materiales de ingenieros, aprobadas en 1912 inspiradas en la Circular Prusiana de abril de 1904.
29. Zafra, J. M.: *Construcciones de Hormigón Armado*. Imprenta de Vicente Tordesillas. Madrid, 1911. (Método para el cálculo de Estructuras derivado del trabajo elástico.)
30. Gallego, E.: «El hormigón armado y la construcción en Madrid». *La Construcción Moderna*. Madrid., febrero de 1913.
31. Sainz de los Terreros, L.: «La edificación en Madrid durante el año 1914». *La Construcción Moderna*, enero de 1915.

32. Augros, P.: *Beton Armé, Possibilités Techniques et Architecturales*. Ch. Massin et cie, Editeurs. Paris, 1926.
33. Emperger, F.: *Handbuch für Eisenbeton*. Gebrüder Ernst. Berlin, 1912. (*Tratado de las Construcciones de hormigón armado*); Zafra, J.M.: *Cálculo de Estructuras*. Tomo I., 1915; *Cálculo de Estructuras*. Tomo II, 1916.
34. Capmany, J.: «La arquitectura del hormigón armado». *La Construcción Moderna*, septiembre de 1914.
35. Capmany, J.: «El hormigón armado en España». *Revista de arquitectura* nº 9-10.
36. Tedesco, M.: *Calcul du ciment armé sans formules algébriques*. Editions du constructeur de ciment armé. Paris, 1921.