

La ciudad de hormigón

[The Concrete City]

.....
 José Ramón Navarro Vera
 Dr. Ingeniero de Caminos/Ph.D Civil Engineering
 Universidad de Alicante

RESUMEN

El hormigón armado ha cumplido cien años. A finales del siglo XIX comenzó a sustituir al hierro y al acero como material estructural, reemplazando también a estos últimos en la formación del imaginario de progreso de la Modernidad. Este artículo expone el papel que el hormigón armado tuvo en la cultura técnica y estética de la Modernidad en los treinta primeros años de este siglo que ahora termina, a través de las obras, y el pensamiento, de ingenieros, arquitectos y constructores que miraron al hormigón armado como un material de sueños. Finalmente se reflexiona, desde la perspectiva de estos cien años, sobre los cambios introducidos en las tipologías estructurales de hormigón en edificación residencial que constituyen el soporte formal dominante en la configuración del paisaje urbano.

ABSTRACT

Reinforced concrete is one hundred year's old. At the end of the 19th century it began to replace iron and steel both as a structural material and as the image of progress of modern times. This article explains the role reinforced concrete had in the technical and aesthetic culture of the modern age, and during the first thirty years of the century just turned, through the works and thinking of engineers, architects and constructors who looked on reinforced concrete as the material of their dreams. From the perspective of these one hundred years, this article finally reflects on the changes in structural types of concrete in residential buildings which have served as the backbone in the shaping of our urban landscape.

“La invención lleva en su seno verdadera utopía, cuando procura economía de las necesidades, en lugar de economía de la ganancia.”
 E. Bloch. “El Principio Esperanza”.

“There is true utopia at the heart of all invention which procures economy of need instead of economy of gain”
 E. Bloch “The Hope Principle”

La ciudad moderna, como proyecto utópico y como construcción real, esta vinculada al hormigón armado. El proyecto ideal de ciudad en el siglo XX expresa la potencia y belleza de la tecnología moderna. Junto a la maquina eléctrica, el aeroplano, o el automóvil, hay que colocar al hormigón armado como material que hace posible la construcción de las imágenes del nuevo paisaje urbano; participando en la formación del vocabulario de la arquitectura moderna. La interpretación de la estructura de hormigón por Le Corbusier constituye una de las aportaciones mas innovadoras de la arquitectura de

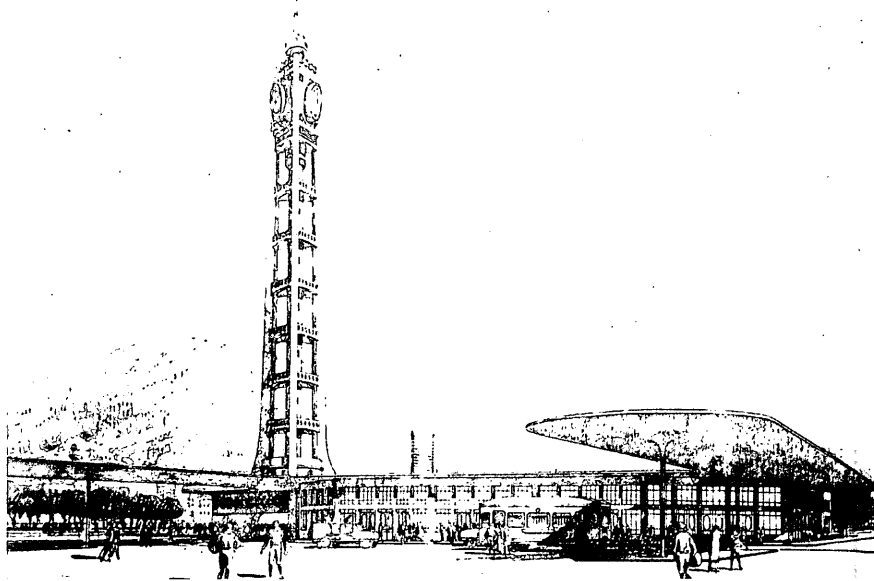
The modern city, both as utopian project as well as real construction, is tied to reinforced concrete. The idealistic design of a 20th century city expresses the force and beauty of modern technology. Alongside the electric machine, the aeroplane or the car, it is necessary to set reinforced concrete as a material which has made it possible to construct a new urban landscape and one which has helped form the vocabulary of modern architecture. Le Corbusier's interpretation of the concrete structure is one of the most innovative contributions to modern architecture. His famous six

la Modernidad. Sus famosos seis invariantes que enuncia, exigen, de un modo directo o indirecto, el hormigón armado para su expresión: El tejado-terraza-jardín (cubierta plana); la casa sobre pilotis; la ventana corrida; la supresión de la cornisa; la planta libre, y la fachada libre.

En un invento o hallazgo técnico confluyen: necesidad, perspectiva de lo útil; interés, la esfera económica; y deseo, la dimensión

de los sueños, de la utopía. En nuestra sociedad consumista de capitalismo avanzado, la dimensión económica es hegemónica y penetra los ámbitos de la necesidad y del deseo, fomentados ambos artificialmente consiguiendo que los deseos se hayan transmutado en necesidades ficticias. Sin embargo hace cien años todavía era posible que un invento tuviese un halo utópico. Eso ocurrió con el hormigón armado. El hormigón armado transmitía un significado de material nuevo, entendiendo por nuevo lo históricamente necesario, como decía Adorno. (1) Una novedad fundada en las posibilidades que aportaba en cuanto a seguridad, higiene y expresión estética.

La dimensión utópica del hormigón armado aparece explícitamente en el Informe que redacta en 1903 un Ingeniero de Caminos miembro de la Comisión enviada al extranjero por la Administración de Obras Públicas para informarse de las experiencias y avances del nuevo material. En uno de los párrafos del Informe se lee:

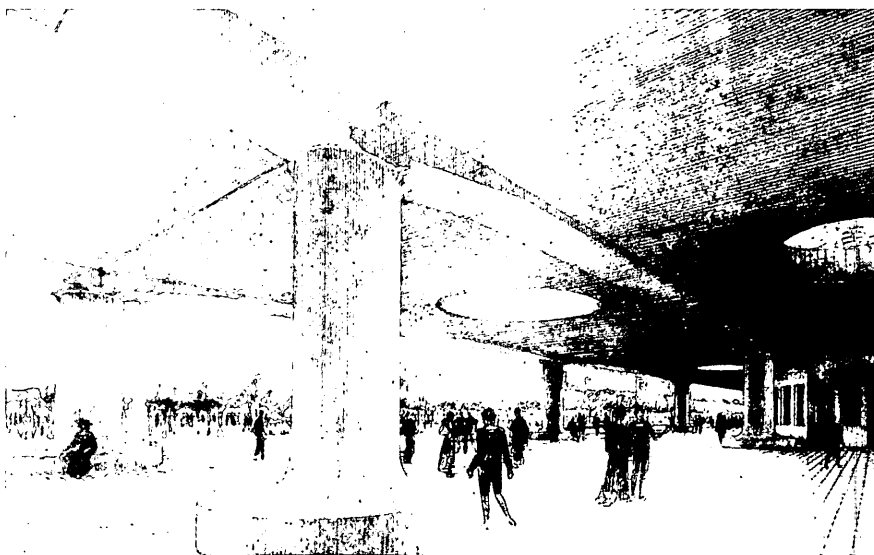


Tony Garnier. Estación. La Ciudad Industrial. 1917.
Tony Garnier. Station. Une Cité Industrielle. 1917.

invariants all directly or indirectly required reinforced concrete: the roof-terrace-garden (flat roof); the house built on pillars; the strip window; the elimination of the cornice; open floor plan, and the façade free of ornamentation.

All invention or technical discovery entails: need and usefulness; interest, economic dimension; and desire, dreams and utopia or ideal. In this consumer society of advanced capitalism, the

economic dimension reigns supreme and stimulates need and desire, artificially fostering both so that desire transmutes into fictitious needs. However, one hundred years ago it was still possible for invention to have a idealistic aura. This, indeed, occurred with reinforced concrete. Reinforced concrete transmitted a sense of a new material, when taking the "new" to mean "historically necessary" in the words of Adorno (1). An innovation in terms of the possibilities it offered for safety, health and aesthetic expression.



Tony Garnier. Asamblea. La Ciudad Industrial. 1917.
Tony Garnier. Assembly Hall. Une Cité Industrielle. 1917.

The utopian dimension of reinforced concrete is explicitly referred to in a Report issued in 1903 by a civil engineer who was part of a Commission sent abroad by the Public Works Administration to report on the experiments and progress of this new material. In one of the paragraphs of the report, he states:

I observed the construction of a very slender building, formed by thin walls,

Veo erigirse un edificio utilísimo, formado por muros delgados, por paredes interiores de un grueso inverosímil y por un suelo de tenue estructura. Mas la resistencia de este edificio es enorme. Los huracanes más violentos no hacen en el ninguna huella, la humedad lo respeta y el fuego de voraz incendio pasa sobre sus muros sin que los habitantes de tan maravillosa mansión noten el más ligero peligro. (2)

En 1924, otro Ingeniero de Caminos; Vicente Machimbarrena, que era profesor de Arte en la Escuela de Caminos, veía al hormigón armado como una metáfora social:

Posee, en efecto, el hormigón armado una cualidad sobresaliente, que ninguna otra fabrica alcanza en tan alto grado, que es la se que se condensa en la palabra solidaridad, tan repetida en los tiempos actuales, y que parece establecer incluso lazos espirituales entre las obras de esta clase y el ideal social que anima a las sociedades contemporáneas.

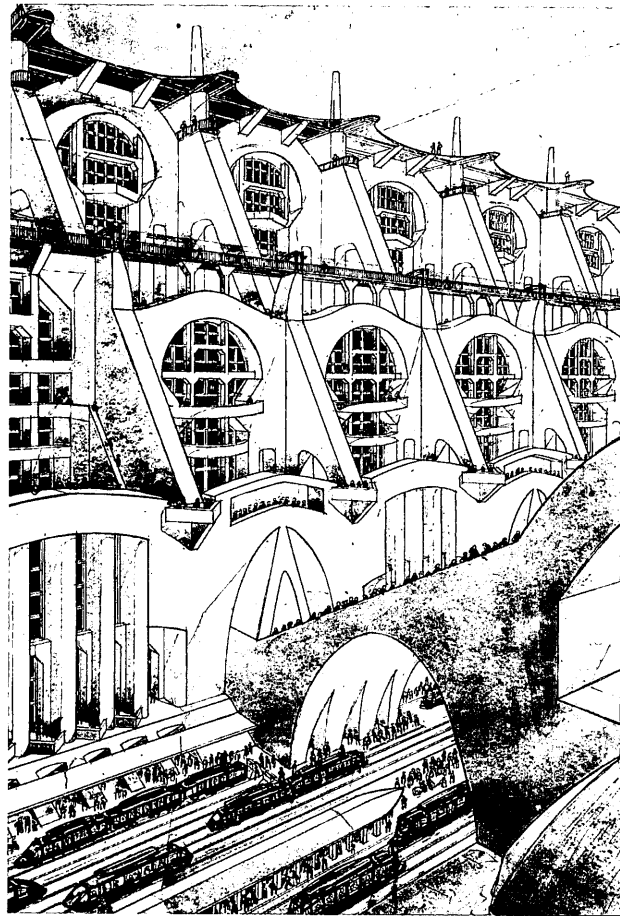
Extremando la comparación, diré, seguramente soñando mas

de la cuenta, que el hormigón armado sintetiza la sociedad futura, pues es así como en aquel metal y hormigón, o sea nervio y masa al fundirse, suman tan solo sus buenas cualidades, olvidándose de sus imperfecciones. ¿No llegaran también a fundirse algún día las clases sociales que hoy luchan, en una clase única, en la que se sumen las virtudes de ambas? (3)

Los ideales estéticos de pintura moderna, según Apollinaire, pureza, unidad y verdad, tienen en el hormigón un referente. El hormigón es el material poético de la modernidad. Fernando Pessoa lo canta así en su Oda Triunfal:

*¡Hola, todo aquello con lo que hoy se
construye, con lo que se es distinto de ayer!
¡Eh, cemento armado, hormigón, nuevas técnicas! (4)*

El impulso definitivo del hierro y el acero como material de construcción se debió a las demandas generadas por la expansión del ferrocarril a partir de la segunda mitad del siglo XIX. Las grandes estructuras de esa época, como los puentes o las estaciones, están ligadas al ferrocarril. La Exposición de París de 1898 constituyó el escaparate del apogeo del hierro y



Virgilio Marchi. Ciudad. 1919.
Virgilio Marchi. City. 1919.

internal partitions of unimaginable breadth and a delicate floor structure. However, the strength of this building is enormous. The most violent hurricanes would not leave the slightest mark, moisture is repelled and a raging fire would pass over the walls of this marvellous building without its inhabitants being aware of the slightest danger. (2)

In 1924, another Civil Engineer, Vicente Machimbarrena, an Art Professor at the College of Civil Engineers, saw reinforced concrete as a social metaphor:

Reinforced concrete possesses an outstanding quality which no other building material can aspire to in such a degree, this being in a word "unity", a term so often repeated in our times, and which almost establishes a spiritual connection between works of this kind and the social ideals which prevail in modern society.

To go further in this comparison, I would say that, with a stretch of the imagination, reinforced concrete synthesizes future society, as in the same

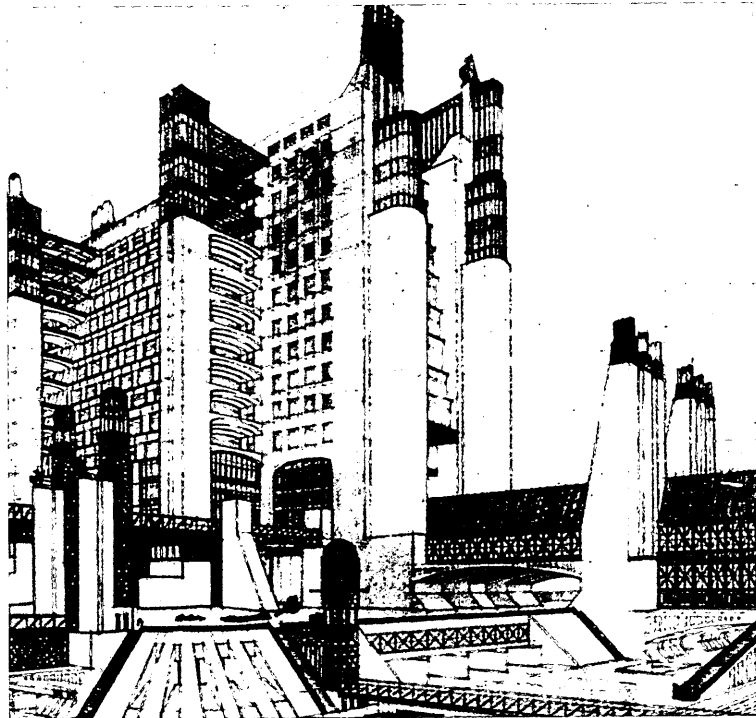
manner that steel and concrete, or nerve and mass, converge, they then combine their better qualities and ignore their imperfections. Is it not possible that the social classes who are now at battle will someday converge to form a classless society which combines all their virtues? (3)

The aesthetic ideals of modern painting according to Apollinaire: purity, unity and truth, all have a reference to concrete. Concrete is the poetic material of modern times and in his Triumphant Ode, Fernando Pessoa sang its praises:

*Greetings to all that used to build today,
which is different from that of yesterday!
Oh, reinforced concrete, concrete, new techniques!*

The definitive impulse of iron and steel as building materials was due to the demand created by the expansion of the railway over the second half of the 19th century. The great structures of this time, such as bridges and stations, were all connected to the railway. The Paris Exposition of 1898 served as a showcase for iron and steel, this reaching its maximum expression in the Eiffel Tower and the Machine Hall. However,

del acero representado por la Torre Eiffel y la Galería de las Maquinas. Sin embargo en esa misma Exposición ya se podían ver diversas patentes de hormigón armado que comienza a extenderse precisamente por cualidades que superan a las del acero, como la resistencia al fuego y a la corrosión o su monolitismo que elimina las juntas siempre problemáticas en las estructuras metálicas. Si en el siglo XIX el hierro y el acero constituyeron los materiales que transmitieron un imaginario de progreso junto con el ferrocarril, en el siglo XX fue sustituido por el hormigón armado, y el paisaje que crea esta unido a otro modo de transporte: el automóvil.



**La Città Nuova. Sant'Elia. 1914.
La Città Nuova. Sant'Elia. 1914.**

during the same Exposition it was possible to see various patents for reinforced concrete which was beginning to develop precisely because of its greater qualities over steel, such as fire and corrosion resistance or its monolithic nature which eliminated the thorny issue of joints which were always such a problem in steel structures. While in the 19th century iron and steel were the materials that transmitted an idea of progress via the railways, in the 20th century these were replaced by reinforced concrete and the landscape it created was connected to another form of transport: the motor car.

II

El periodo 1890-1930 es una época fecunda en utopías, como no volverá a ocurrir en el resto del siglo. Unas utopías fundadas en las esperanzas del progreso técnico. Pero si históricamente la utopía es una narración literaria con una dimensión espacial, la utopía urbana moderna es un relato donde la fuerza de sus contenido lo dan las imágenes.

Tony Garnier concibió su *Ciudad Industrial* durante un periodo de estancia en Roma como becario que comenzó en 1898, aunque no publicó los diseños de su proyecto urbano hasta 1917. El modelo urbano de Garnier entronca con otras utopías urbanas de su época por el papel prioritario que asigna al transporte, a la zonificación, y a los contenidos higienistas. Pero su baja densidad, el lenguaje arquitectónico de raíz clasicista, y algún otro factor, como la limitación de población (35.000 habitantes), le aproximan a modelos urbanos que todavía están a caballo entre los dos siglos.

Pero uno de rasgos netamente modernos de la *Ciudad Industrial* de Garnier es el uso predominante de hormigón armado en su construcción. La arquitectura de la ciudad aparece desnuda, con superficies lisas y aristas vivas, donde la inserción de elementos accesorios, como esculturas, se independizaba de la construcción. Lo más innovador formalmente del proyecto utópico de Garnier se encuentra en los edificios públicos, donde el hormigón armado despliega todas sus posibilidades, como en la cubierta de la piscina pública, en el pórtico de la Asamblea o

II

The period from 1890-1930 was one rich in utopias, and one which would not be repeated throughout the rest of the century. Some utopias were based on the expectation of technical progress and while, historically speaking, Utopia was an imagined perfect place or state of things based on the book of the same name, the modern urban utopia is a tale in which content gains force from images.

Tony Garnier conceived his *Cité Industrielle* while on a scholarship in Rome which began in 1898, though he did not publish the designs for his urban plan until 1917. Garnier's urban model was related to other urban utopias of the time by the emphasis that was placed on transport, zoning and sanitation. The low density, the classic architectural language and the limiting of the population (35,000 inhabitants) meant that it still referred to models of town planning which bridged the two centuries.

However, one of the truly modern aspects of Garnier's *Cité Industrielle* was the predominant use of reinforced concrete in the construction. The architecture of the city appears bare, with flat surfaces and square edges, and where any accessory elements, such as sculptures, were incorporated as separate items from the buildings. The most innovative factor of Garnier's utopian project were the public buildings where reinforced concrete revealed all its possibilities, such as the roof to the public swimming pool, the porch of the Congress

en la marquesina de la Estación de ferrocarril. Garnier explicaba así las razones de la elección del hormigón como material estructural y de acabados en su proyecto de ciudad:

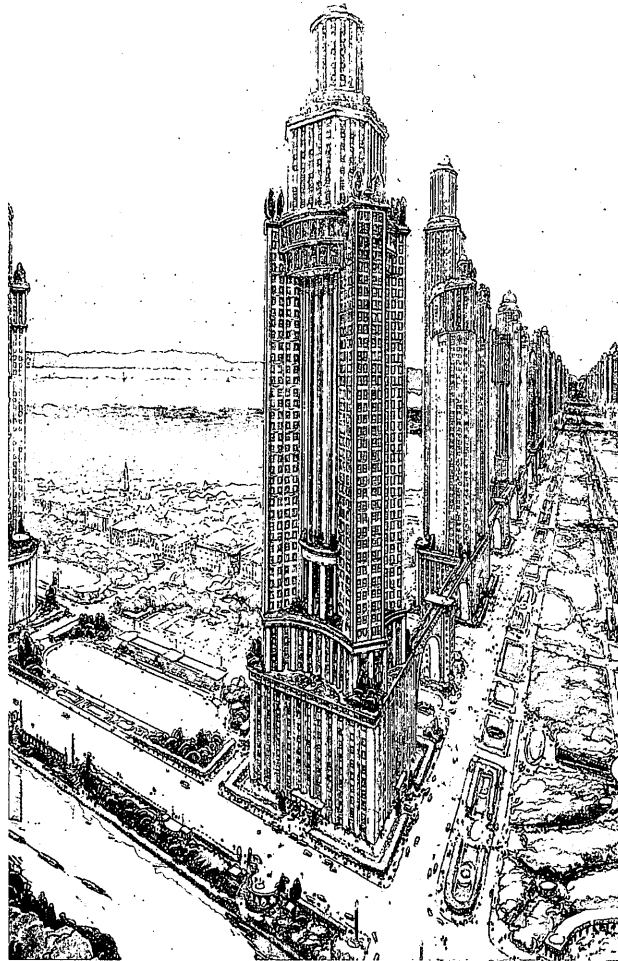
“La simplicidad de los medios materiales elegidos llevan a una gran simplicidad de expresión de la arquitectura.... Además el uso del hormigón permite obtener líneas horizontales y verticales que transmiten calma y equilibrio armonizando con la naturaleza”. (5)

A principios del siglo XX hay varios arquitectos italianos que participan del pensamiento de las vanguardias futuristas aportando un imaginario que exalta el maquinismo y la ciudad como lugar por excelencia de ese mundo técnico. El Manifiesto Futurista de Marinetti (1909) quiere barrer todo lo viejo y caduco, y fundar una sensibilidad inspirada en la máquina. Las ciudades futuristas de Antonio Sant'Elia, Virgilio Marchi y Mario Chiatone, entre otros, son escenografías donde la velocidad (el transporte) y el hormigón son los protagonistas.

Entre 1913 y 1914 Sant'Elia elaboró una serie de imágenes de lo que llamó *Città Nuova*.

En ellas la calle aparece como un canal de transporte organizado en varios niveles entre poderosas volumetrías de hormigón. Es una arquitectura que se confronta con la naturaleza a la que sustituye. El hormigón es un material que permite competir con la tectónica de la naturaleza. El hierro, por su determinismo morfológico, no puede competir con el hormigón. Sant'Elia no hubiera podido moldear sus formas urbanas con estructura metálica.

En 1922 A. Perret expone sus *Ciudades Torres*. La idea de Perret, a quien tanto admiraba Le Corbusier, consistía en rodear París con un cinturón de rascacielos que debían albergar, cada uno, a una población de 3000 personas. Estas torres se dispondrían en torno a una gran avenida de 250 m. de ancho que se levantaría 20m. sobre el suelo para albergar canalizaciones y servicios.



A. Perret. Avenida de las Casas Torre. 1919.
A. Perret. Avenue of Tower Blocks. 1919.

building or in the canopy of the railway station. Garnier explained his reasons for choosing concrete as the structural and finishing material for his city project, in the following terms:

The simplicity of the materials chosen provides a great simplicity of architectural expression... Furthermore, the use of concrete means that horizontal and vertical lines are obtained which transmit a feeling of calm and equilibrium in harmony with nature” (5)

At the beginning of the 20th century several Italian architects following the thinking of the Futurist movement provided ideas that exalted mechanization and the city as the ideal place for this technical world. The “futurist manifesto” published by Marinetti in 1909 attempted to sweep away the old and out-dated and introduce a sensitivity towards the machine. The futuristic cities of Antonio Sant'Elia, Virgilio Marchi and Mario Chiatone, among others, form scenarios in which speed (transport) and concrete are the main protagonists.

Between 1913 and 1914, Sant'Elia made a group of

drawings called Città Nuova. In these drawings the streets appear as channels of transport set on various levels between imposing concrete elements. This is an architecture which confronts and replaces nature. Concrete is a material which can compete with the tectonics of nature, and iron, due to its specific morphology, cannot compete with concrete. Sant'Elia could not have moulded his urban forms using a metal structure.

In 1922, A. Perret exhibited his Tower Cities. Perret, who was so admired by Le Corbusier, had the idea of surrounding Paris with a belt of skyscrapers, each of which being designed to house 3,000 people. These towers would be set alongside a 250m wide avenue raised 20 metres above ground level in order to house piping and services.

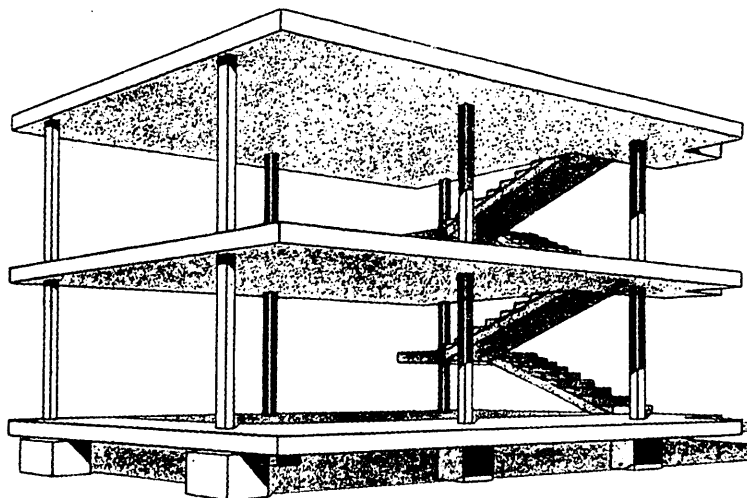
III

La Ciudad de Hormigón como construcción real emerge en la periferia de las ciudades americanas y europeas a finales

III

The Concrete City as a real construction began to emerge on the outskirts of American and European cities towards the

del siglo XIX. En la Arquitectura de los silos, fábricas o puentes, el hormigón despliega sus posibilidades funcionales produciendo formas nuevas que los arquitectos modernos ensalzarán como representaciones de un mundo feliz propiciado por la ciencia y la tecnología. Obras de ingenieros, quienes para estos arquitectos, eran figuras puras e incontaminadas por academicismos y estilos, que, como buenos salvajes, levantaban sus edificios basándose exclusivamente en las leyes de la economía y de la



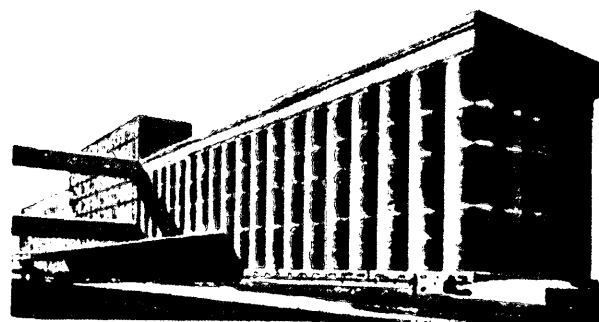
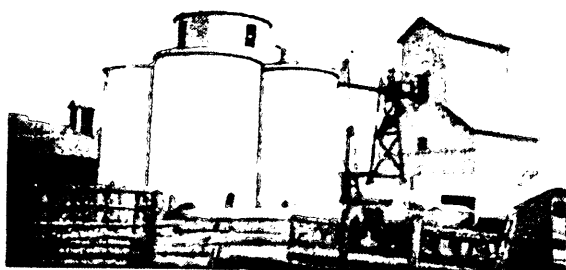
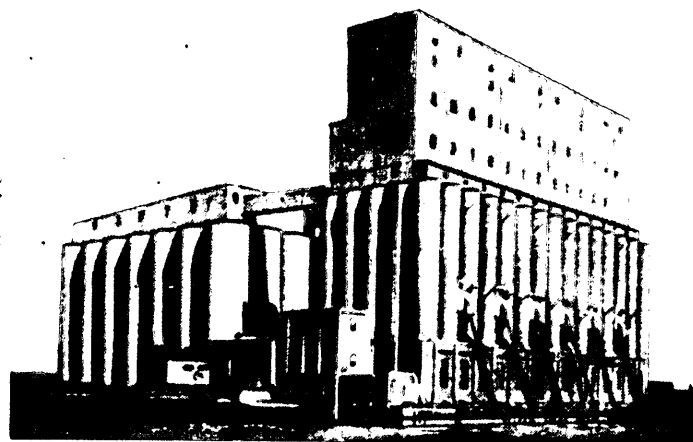
Le Corbusier. Casa Dom-ino. 1914
Le Corbusier. Dom-ino House. 1914

end of the 19th century. In the architecture of silos, factories or bridges, concrete revealed its functional possibilities and produced new forms which were exalted by modern architects as the representations of a "brave, new world" propelled by science and technology. Some engineers, who were considered by these architects to be free and uncontaminated by academicisms and style much in the mode of the "noble savage", raised their buildings purely on the

impresses the most brutal instincts by its objectivity; it calls into play the highest faculties by its very abstraction. Architectural abstraction has this about it which is magnificently peculiar to itself, that while it is rooted in hard fact it spiritualizes it, because the naked fact is nothing more than the materialization of a possible idea. The naked fact is a medium for ideas only by reason of the "order" that is applied to it. The emotions that architecture arouses spring from physical conditions which are inevitable, irrefutable and to-day forgotten.

Mass and surface are the elements by which architecture manifests itself.

Mass and surface are determined by the plan. The plan is the generator. So much the worse for those who lack imagination!



CANALIAN GRAIN STORES AND ELEVATOR

Le Corbusier. Hacia una Arquitectura. 1922/Le Corbusier. Toward a New Architecture. 1922

mecánica. Ahora sabemos que muchos de esos ingenieros funcionalistas, pioneros del hormigón armado, no eran ajenos a una cultura estética, y, a medida que avanza el siglo, la opción formal de los ingenieros racionalistas será cada vez más consciente como expresión a un ideario que, normalmente, no solían expresar en textos. Eduardo Torroja escribió su obra teórica más importante, *Razón y Ser de los Tipos Estructurales*, veinte años después de construir sus mejores obras en la década de los treinta.

Una obra capital de la Modernidad en arquitectura *Hacia una Arquitectura* publicado por Le Corbusier en 1923 –recogía escritos publicados en años anteriores- esta llenos de imágenes de silos, fábricas o puentes, así como pasajes entusiastas por los métodos de trabajo de los ingenieros y las formas creadas por ellos. Pero Le Corbusier estaba mucho más interesado en los aspectos icónicos de esas formas industriales que en los materiales con que habían sido construidos. En ese sentido la casa Dom-ino (1914) se ha convertido en un icono de la arquitectura moderna.

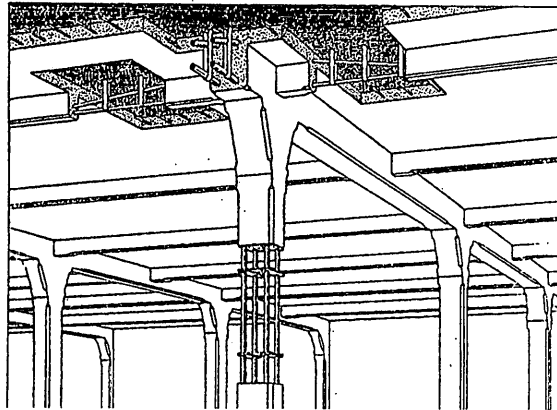
Reyner Banhan sostiene que en el edificio industrial de hormigón armado americano de fines del XIX están ya algunas de las invariantes formales del Estilo Internacional, como la cubierta plana o la composición de fachada con el entramado visto dejando grandes huecos entre los pilares que mejoraban sensiblemente las condiciones de iluminación de los espacios de trabajo. (6)

Estos edificios industriales se pueden considerar herederos de una tradición constructiva funcional que desde la Edad Media genera un tipo de edificio de varias plantas, destinados a almacenes o manufacturas, en donde las facilidades funcionales y la elección de materiales que resolviesen adecuadamente los problemas derivados de las fuertes cargas propias del uso al que eran destinados, constituían factores determinantes de la forma arquitectónica resultante del edificio. A mediados del siglo XIX esta tradición estaría presente en la arquitectura portuaria de Thomas Telford en los docks de Santa Catali-

CONSTRUCTIONS EN BÉTON ARMÉ

Inaltérables et à l'épreuve du feu

Système HENNEBIQUE, Breveté S. G. D. G.



Propaganda de la patente Hennebique. 1896.
Propaganda for the Hennebique patent. 1896.

as *Toward a New Architecture*, published by Le Corbusier in 1923, this being a collection of articles written over preceding years and full of illustrations of silos, factories or bridges as well as enthusiastic passages describing the working methods of engineers and the forms they created. However, Le Corbusier was far more interested in the iconic aspects of these industrial forms than in the building materials employed in the same. In this regard, the Dom-ino house built in 1914 stands as an icon of modern architecture.

Reyner Banhan sustains that the American reinforced concrete industrial building at the end of the 19th century already contained some of the formal invariants of the so-called International school of architecture, such as the flat roof or the façade with a visible structural frame which left large openings between the columns and which noticeably improved the lighting conditions of the work areas. (6)

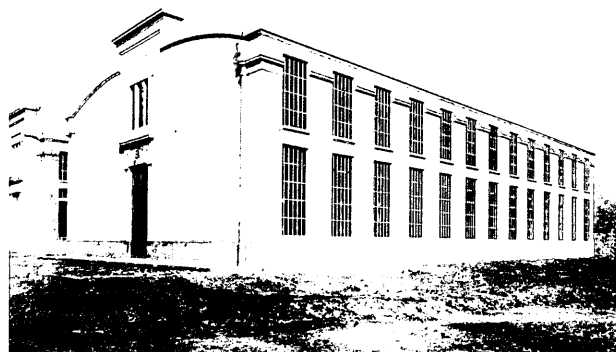
basis of the laws of economy and mechanics. We are now aware that many of these functionalist engineers, the pioneers of reinforced concrete, were not removed from an aesthetic culture and, with the advance of the century, this formal option of rationalist engineering increasingly took root as the expression of an ideology which was not normally set down on paper. Eduardo Torroja wrote his most important theoretical work *Razon y Ser de los Tipos Estructurales* twenty years after the construction of his major works in the thirties.

A major book of the modern movement of architecture is *Vers une architecture*, later translated

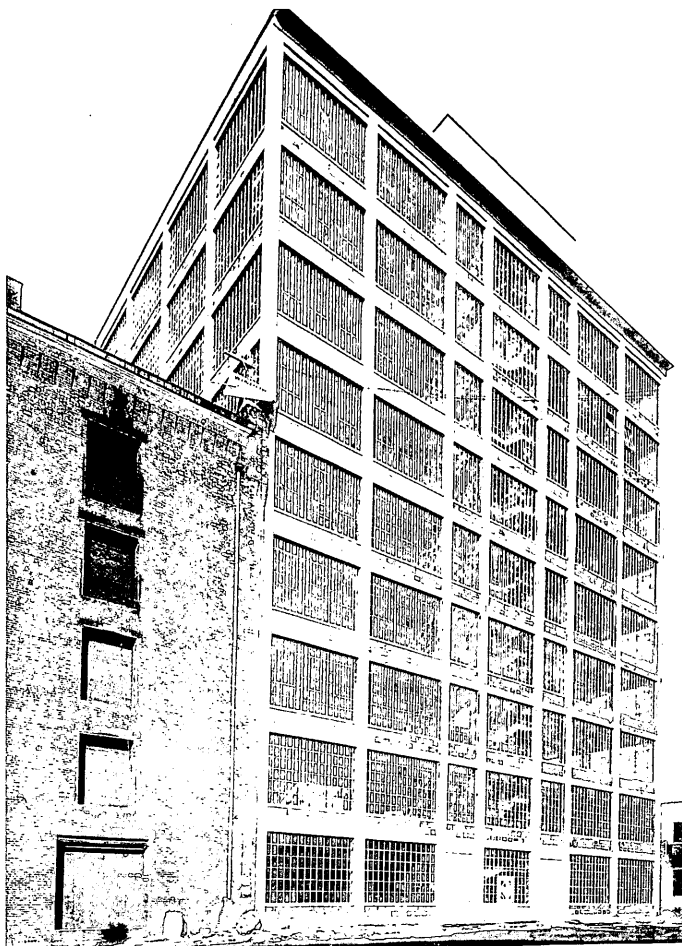
as *Toward a New Architecture*, published by Le Corbusier in 1923, this being a collection of articles written over preceding years and full of illustrations of silos, factories or bridges as well as enthusiastic passages describing the working methods of engineers and the forms they created. However, Le Corbusier was far more interested in the iconic aspects of these industrial forms than in the building materials employed in the same. In this regard, the Dom-ino house built in 1914 stands as an icon of modern architecture.

Reyner Banhan sustains that the American reinforced concrete industrial building at the end of the 19th century already contained some of the formal invariants of the so-called International school of architecture, such as the flat roof or the façade with a visible structural frame which left large openings between the columns and which noticeably improved the lighting conditions of the work areas. (6)

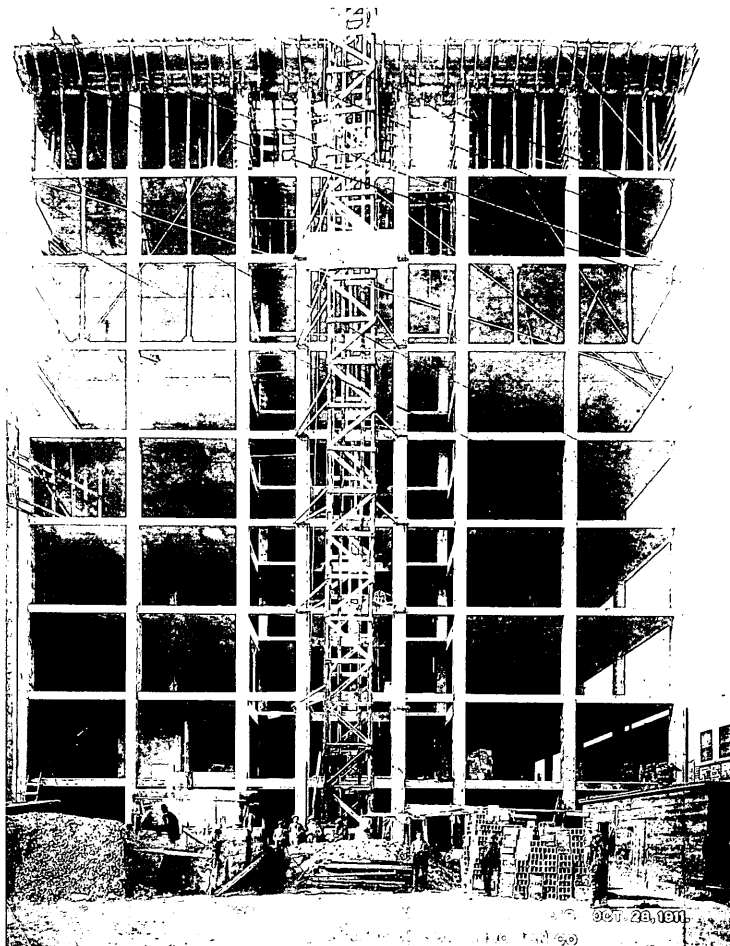
These industrial buildings may be considered as the legacy of a functional building tradition which from Medieval times had seen multi-storey buildings serving as warehouses or factories, and where the functional facilities and choice of material to overcome the problems related to the heavy dead loads imposed by the very nature of the building, served as the determining factors for the resultant architectural form of the building. This tradition still prevailed in the mid-nineteenth century in the port architecture of Thomas Telford in the Saint



Hennebique. Naves almacén. Arquitecto Bernard. París. 1899./ Hennebique. Warehouses. Architect Bernard. París. 1899.



Hennebique. Fábrica de calzado. Boston. 1911.
Hennebique. Shoe Factory. Boston. 1911



Hennebique. Estructura Fábrica de calzado de Boston.
Hennebique. Structure of Boston shoe Factory.

na de Londres o en el Albert Dock proyectado por Jessy Hartley en Liverpool. En ambos casos se trata de una arquitectura que combina las propiedades estructurales del ladrillo cerámico en cerramientos, arcos de descarga, y pilares con el hierro en forjados y columnas.

Los argumentos que esgrimen los ingenieros y constructores americanos a favor del hormigón armado eran, por este orden: Rapidez de ejecución, bajo coste, posibilidad para crear buenas condiciones de iluminación natural de los interiores, economía de mantenimiento; y resistencia al fuego. Además se añadía su buen comportamiento ante terremotos como se pudo comprobar en el de San Francisco de 1906. La expansión del hormigón en los Estados Unidos fue tan intensa que entre 1880 y 1910 el consumo de cemento se multiplicó por 15. (7)

En Europa se considera a Monier como el inventor del hormigón armado con sus patentes de 1867 y 1878. Pero fue François Hennebique quien contribuyó de un modo decisivo a la introducción del nuevo material en la construcción europea, especialmente en Francia, Suiza, España, e Italia. Henne-

Katharine Docks in London or in the Albert Dock in Liverpool designed by Jessy Hartley. Both these cases reveal an architecture which combines the structural properties of clay brick in the external walling, relieving arches and pillars with the use of iron in decks and columns.

The arguments employed by American engineers and constructors in favour of reinforced concrete were: Speed of erection, low cost, ability to provide good natural indoor lighting, low maintenance costs and fire resistance, in that order. Furthermore, it was added that this type of building reacted well to earthquakes as could be seen in the aftermath of the San Francisco earthquake of 1906. The use of concrete in the United States spread to such a degree that between 1880 and 1910 the consumption of cement multiplied by 15 times. (7)

Monier is considered in Europe to be the inventor of reinforced concrete with his patents of 1867 and 1878. However, it was François Hennebique who decisively contributed to the introduction of the new material in European building construction and particularly in France, Switzerland,

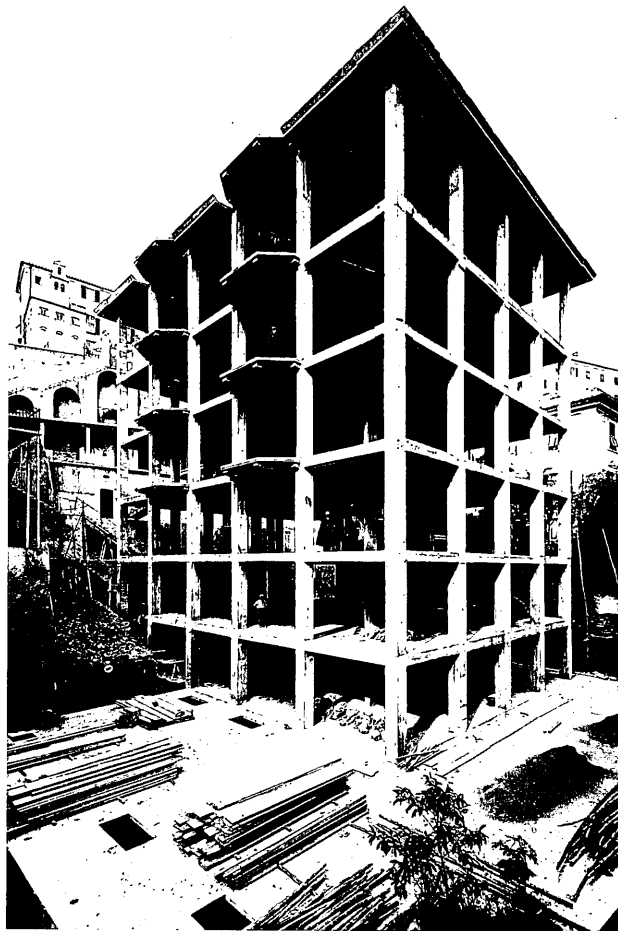
bique patentó su sistema en 1892 y 1893 y el desarrollo de su empresa fue tal que en 1914 tenía delegaciones en 38 países. Sus realizaciones abarcan toda la gama de la construcción, desde la edificación a la ingeniería civil. En este último aspecto destaca el puente del Risorgimiento en Roma, inaugurado en 1911, que con sus 100m. de luz, fue récord del mundo.

El sistema Hennebique tenía armadura flexible de redondos con armadura transversal de flejes metálicos. Las tensiones de trabajo que recomendaba eran muy conservadoras: 25Kg/cm² para el hormigón, y 10Kg./mm² para el acero de la armadura. Desde el punto de vista teórico su sistema fue pronto sometido a crítica por parte de estudiosos del hormigón como Considère, o del español Zafra.

Sin embargo es indudable el papel capital de Hennebique en la construcción de la Ciudad de Hormigón, no sólo por su intensa actividad empresarial sino también por los medios que empleó para dar a conocer el nuevo material, fundando revistas especializadas y utilizando profusamente la fotografía, lo que contribuyó a crear un imaginario del hormigón armado. (8)

Hennebique desarrolló con profusión el tipo estructural de entramado de pilares, jácenas y forjados en la edificación residencial e industrial, aplicándolo con resultados arquitectónicos novedosos. He traído aquí algunas obras que me parecen paradigmáticas del ideario formal de la patente Hennebique, como una nave almacén construida en 1899; y sobre todo la fábrica de calzado de Boston, construida en 1911, en donde función, estructura y forma alcanzan una fusión netamente moderna.

Arquitectónicamente, el entramado, como ha dicho Colin Rowe, establece relaciones, definiendo una disciplina y generando una forma, sosteniendo que *el entramado se ha convertido en arquitectura aduciendo la evidencia de lo inconcebible que resulta la arquitectura contemporánea en su ausencia....el entramado ha llegado a adquirir un valor para la arquitectura contemporánea, equivalente a la que tuvo la columna para la antigüedad clásica y el Renacimiento.* (9)



Hennebique. Estructura. Génova. 1906
Hennebique. Structure. Génova. 1906

Spain and Italy. Hennebique patented his system in 1892 and 1893 and his enterprise developed so rapidly that by 1914 he had representatives in 38 countries. His works cover the whole range of construction, from buildings to civil engineering work, and one outstanding example of this latter work was the Risorgimento Bridge in Rome, opened in 1911 and which, with its 100m span, then held the world record.

The Hennebique system employed longitudinal bar reinforcement together with steel stirrups. The recommended permissible stresses were very conservative in this system: 25 kg/cm² for concrete and 10 kg/mm² for the reinforcing steel. Hennebique's system was soon criticised from a theoretical point of view by experts in concrete such as Considère and received very harsh criticism from the Spanish expert Zafra.

This apart, Hennebique undoubtedly played a principal role in the construction of the Concrete City, not only in terms of his intense commercial activities

but also because of the methods he employed to make this new material known, creating specialized journals with abundant photographic illustration which all served to create an imagery of reinforced concrete. (8)

Hennebique greatly developed the structural frame type of columns, beams and slabs in both residential and industrial buildings, and obtained innovative architectural results. This article includes several illustrations of works which I considered to be representative of the ideology of Hennebique's patent, such as the warehouse constructed in 1899 and, particularly, the shoe factory built in Boston in 1911, and where function, structure and form all merge in a clearly modern manner.

Architecturally, the frame establishes relationships, defines a discipline and creates a form and in the words of Colin Rowe the frame has become architecture to such an extent that it would be impossible to envisage contemporary architecture without it... the frame has come to obtain the same importance in contemporary architecture as the column had in the Classic age and the Renaissance. (9)

IV

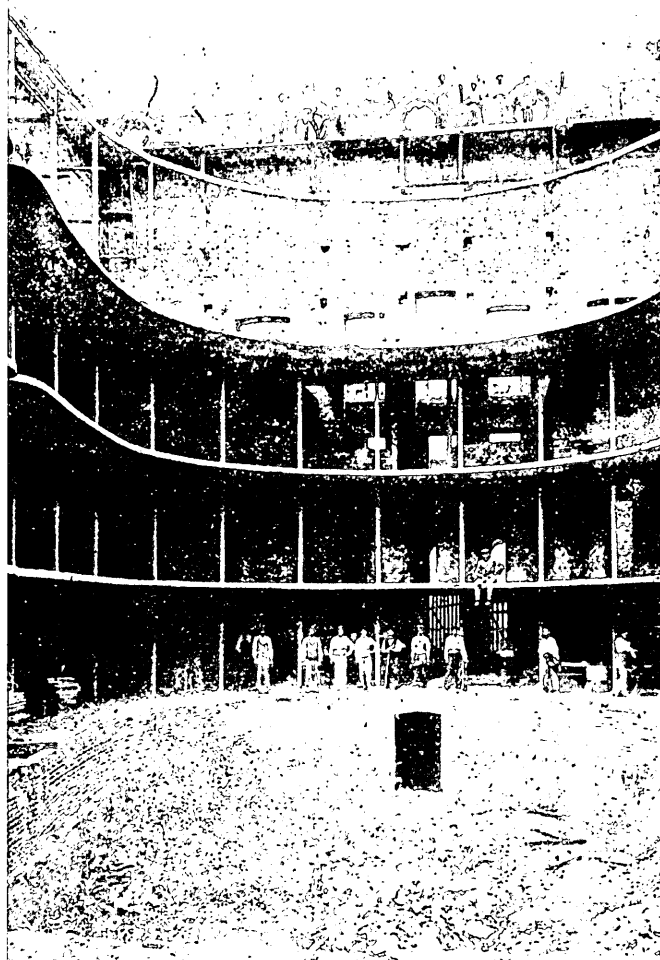
Desde el ángulo de la construcción, el introductor del hormigón armado en España fue el Ingeniero de Caminos J. Eugenio Ribera quien dejó el cuerpo de Caminos en los últimos años del siglo XIX para fundar su propia empresa constructora. En sus primeros años como ingeniero empleó con asiduidad el hierro y el acero, materiales que estudió desde una perspectiva práctica. En este sentido publicó varios trabajos, siempre relativos a sus obras, como *Grandes Viaductos* donde expone su experiencia en el proyecto del Viaducto del Pino, puente metálico en arco de 120m. de luz, proyectado en 1895 aunque fue inaugurado en 1914.

En 1897, Ribera conoció el sistema Hennebique de hormigón armado en una visita que realizó a las obras del puente de la *Coulouvreniere*, visitando además diversas obras que se estaban construyendo con esa patente. *No ocultare mi inmensa sorpresa ante la visión de algunos pilares y pisos que vi ejecutar*, recordaba Ribera en 1934 acerca de la impresión que le habían producido las estructu-

ras de edificación levantadas con el sistema Hennebique. Volvió a España convertido en un entusiasta del hormigón armado. A partir de entonces, prácticamente, sólo ejecutará obras de hormigón armado material que demuestra su superioridad sobre el hierro en *aquellos edificios en que la incombustibilidad y la higiene son de rigor, como cuarteles, hospitales y teatros, localizando los incendios e impidiendo la propagación de insectos y microbios.* (10)

Ribera fue durante algunos años concesionario de la patente Hennebique en España, y a partir de 1902 construyó con su propio sistema de hormigón armado, que en realidad era una variante del sistema Melan, y que en esencia consistía en una armadura metálica rígida embebida en el hormigón. Con este sistema se producía un notable ahorro de cimbra en la construcción de puentes.

Ribera es un ingeniero muy conocido por su actividad como constructor de puentes de hormigón, que llena práctica-



Ribera. Teatro en Avilés. 1901
Ribera. Theatre in Avilés. 1901

IV

From a construction point of view, reinforced concrete was first introduced in Spain by the Civil Engineer J. Eugenio Ribera who left the Engineer's Corps at the end of the 19th century in order to establish his own construction business. In his early years as an engineer he regularly employed iron and steel and he studied these materials from a practical perspective. He published several articles on the basis of his work, such as his *Grandes Viaductos* in which he describes his experience of the Pino Viaduct project, a 120 m span steel bridge designed in 1895 but not opened until 1914.

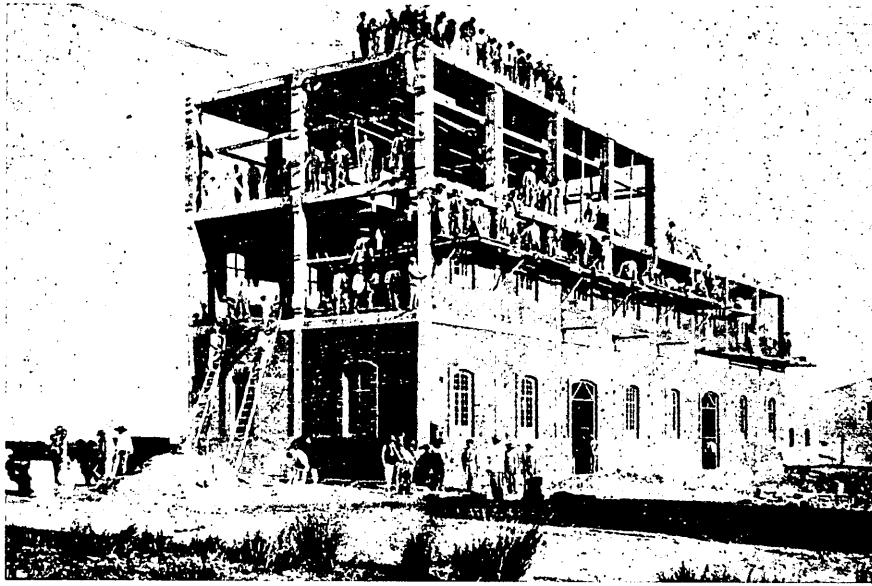
In 1897 Ribera saw Hennebique's reinforced concrete system in a visit he made to the work on the *Coulouvreniere* bridge and to several other sites where work was being carried out with this patent. I could not hide my enormous surprise at the sight of some of the columns and floors that I saw being made, said Ribera in 1934 on recalling the impression caused by the structures being raised by the

Hennebique system. He returned to Spain as an enthusiastic convert to reinforced concrete and, from this time on, almost all his works were made in reinforced concrete, a material which had demonstrated its superiority over iron in .. Those buildings in which fire-resistance and hygiene are essential, such as barracks, hospitals and theatres, and where fires could be localized and the spreading of insects and microbes could be prevented. (10)

For many years Ribera was the concessionaire of Hennebique's patent in Spain, but from 1902 he established his own reinforced concrete which, in reality, was a variation on the Melan system and which consisted of rigid metal reinforcement embedded in the concrete. This system provided important savings in falsework during the construction of bridges.

Ribera is an engineer who is renowned for his work as a builder of concrete bridges as he alone practically occupied

mente esa rama de la ingeniería civil española hasta la década de los años veinte del siglo XX. Pero, en cambio, no es tan conocida su actividad constructiva en edificios industriales, depósitos, y otros edificios públicos. En 1901 ya había construido una docena larga de depósitos de agua, algunos como el de Mieres de 2000 m³ de capacidad; una decena de edificios industriales; y otros tantos edificios públicos como la cárcel de Oviedo, donde introdujo delgadas laminas de hormigón armado en bóve-



Ribera. Fábrica de harinas. Badajoz. 1901
Ribera. Flour mill. Badajoz. 1901

das cilíndricas, o el Teatro de Avilés, cuya estructura es una de las más interesantes aplicaciones del sistema Hennebique en España.

La fabrica de Badajoz es uno de los edificios industriales de Ribera donde se puede apreciar su lenguaje arquitectónico en relación con el hormigón armado. La estructura estaba formada por un entramado de pilares y jácenas con forjados calculados para una sobrecarga de 1500 Kg./m². Los cerramientos se hicieron de fabrica de ladrillo. Introduce aquí la innovación de la cubierta plana, que en este ultima obra tiene un argumento funcional. La terraza debía de constituir un aljibe, que, en palabras de Ribera, *a pesar de los calores propios de Extremadura, no ha producido goteras.* (11) Sin embargo comparando el resultado final de este edificio con otros americanos o europeos del mismo tipo, no se aprovechan funcionalmente las posibilidades de la estructura de hormigón para abrir grandes huecos. En esta obra de Ribera los huecos se abren al exterior como perforaciones en un muro.

Desde el punto de vista arquitectónico son más interesantes las construcciones de hormigón armado para el ferrocarril de Tanger a Fez que Ribera construyó en 1925. Hay que resaltar también la innovación técnica que introdujo en la cimentación de una fabrica en Gijón. Se tenía que construir sobre un terreno de marismas fangosas, y para resolver los problemas de cimentación ejecutó una losa corrida de hormigón armado que repartía las cargas sobre el terreno, solución que hoy forma parte del repertorio de métodos de cimentación en suelos flojos.

Ribera es todavía un representante de la cultura ilustrada y romántica en la que se formaron los ingenieros de Caminos en el siglo XIX. Su fé en un futuro de progreso que haría

this field of civil engineering until the twenties. However, he is not quite so well known for his construction of industrial buildings, tanks and other public buildings. By 1901 he had already constructed a good dozen water tanks some, such as the one in Mieres, with a capacity of 2,000 m³: tens of industrial buildings and many other public buildings such as the Oviedo prison, where he introduced slender laminates of

reinforced concrete in cylindrical vaults, or the Avilés Theatre which is one of the most interesting applications of the Hennebique system in Spain.

The Badajoz factory is one of Ribera's industrial buildings where it is possible to appreciate the architectural form provided by reinforced concrete. The structure was formed by a framework of columns and beams with slabs calculated to resist a live load of 1500 kg/m². The external walls were made in brick and he introduced the innovation of a flat roof for specific functional purposes. The roof terrace would, in turn, serve as a water cistern, and in the words of Ribera, in spite of the typical high temperatures in Extremadura, no leaks have occurred. (11). However, if this building is compared to similar buildings in America and Europe it may be seen that Ribera failed to take advantage of the possibilities of the concrete structure in order to make large window openings and, instead, the voids all open out through cuttings in the wall.

From an architectural point of view, the most interesting of Ribera's reinforced concrete constructions were those made for the Tangier to Fez railway in 1925. Another interesting aspect was the technical innovation he introduced in the foundations to a factory in Gijon. The factory had to be built on marshy ground and in order to solve the problem regarding the foundations, he constructed a concrete mat which would distribute the loads over the soil, this method now being common practice when constructing foundations in poor soils.

Ribera remains a representative of the enlightened and romantic culture in which civil engineers were educated up in the 19th century. His faith in a future of progress formed

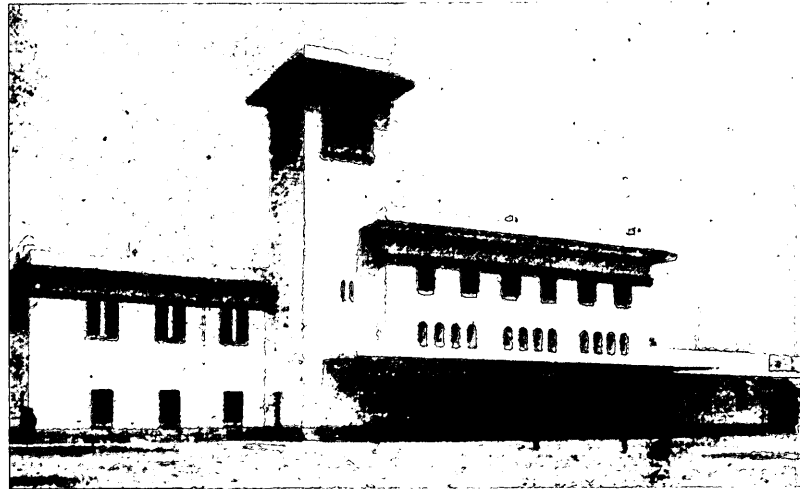
posible la técnica, constituye el fundamento de su pensamiento social y político. Estaba convencido de la inexistencia de contradicciones entre trabajo intelectual y manual, y reconocía que el capitalismo cometía excesos que había que corregir, y que aparecían cuando el punto de vista económico se anteponía al bienestar social. También defendía la reconciliación, a través de un fin común, entre capital y trabajo, que hace recordar las tesis expuestas en la película de Fritz Lang *Metropolis*, estrenada en 1927.

En 1925 Ribera sostenía que la construcción no era un arte propio de artífices, sino una industria inteligente en manos de obreros y de técnicos. En ese contexto teórico decía:

No se deben construir casas; se deben fabricar, merced al empleo intenso del cemento y de la maquinaria. (12)

En este sentido Ribera convergía con uno de las esperanzas utópicas del ideario del Movimiento Moderno. Por aquellas mismas fechas Mies Van Der Rohe escribía:

Considero la industrialización de los métodos de construcción la cuestión clave de nuestros días para arquitectos y constructores. Una vez esté resuelto, se solucionarán fácilmente nuestros problemas sociales, económicos, técnicos e incluso artísticos. (13)



Ribera. Ferrocarril Tánger a Fez. 1925
Ribera. Tangier-Fez railway. 1925

*by technology, served as the basis for his social and political thinking. He was convinced of the lack of contradiction between intellectual and manual work and recognised that capitalism led to excesses which had to be corrected, and that these excesses appeared when financial ends were considered before social welfare. He also defended the reconciliation between capital and work by means of common aims, and this reminds us of the ideas expounded in Fritz Lang's film *Metropolis* released in 1927.*

In 1925 Ribera sustained that building construction was not the work of craftsmen but of the intelligent industry of workers and technicians. In this theoretical context he states:

Houses should not be constructed; but manufactured by the massive employment of cement and machinery. (12)

In this regard Ribera shared the utopian hopes that went with the ideology of the Modern Movement. Around the same time Mies Van Der Rohe wrote:

I consider the industrialization of building methods to be a key issue for architects and builders today. Once this issue is solved, our social, economic, technical and even artistic problems will easily be solved. (13)

Ribera, as an engineer educated in the 19th

Como ingeniero formado en el siglo XIX, Ribera participaba de la cultura estética de esa época, pero en sus obras se ponían de manifiesto las contradicciones entre su mentalidad funcionalista y su formación estética. En realidad era un ecléctico que decoraba con profusión sus obras urbanas, pero también encabezaba, conjuntamente con Vicente Machimbarrena, el homenaje que en 1936 se le hizo a Eduardo Torroja que acababa de construir el Frontón Recoletos y el Hipódromo de la Zarzuela con un lenguaje formal racionalista que poco tenía que ver con los excesos decorativos de muchas obras de Ribera. (14)

V

He escrito este texto con motivo de mi participación en un Seminario sobre el Patrimonio Arquitectónico e Industrial, donde he querido rendir un homenaje al hormigón armado como material histórico, y al mismo tiempo llamar la atención de los estudiosos e investigadores en esos temas sobre la necesidad de dirigir la mirada hacia este material que frente al hierro todavía sigue siendo considerado demasiado "nuevo" para entrar en los inventarios de bienes protegibles.

Es cierto que hay obras de hormigón en los inventarios de puentes, y en los de arquitectura. Pero en estos últimos se valora la forma sin entrar en consideraciones estructurales, y es penoso ver como se derriban interesantes estructuras de hormigón armado de este siglo por tener una "envoltura" con poco valor arquitectónico.

Otra reflexión que habría que hacerse en este centenario del hormigón armado, justificada por algunas de las imágenes que acompañan este artículo, es la de comprobar como ha influido la tecnología en el desarrollo de las estructuras de edificación de hormigón armado a lo largo de estos años. Técnica y formalmente las estructuras de edificación se siguen basando en el entramado de pilas, jácenas y forjados: el entramado de Hennebique. Naturalmente han mejorado la calidad de hormigones y aceros de armar, pero, por ejemplo, otros aspectos constructivos como los forjados reticulares, que tanto proliferan en la actualidad, ya se estaban ensayando hace cien años por el mismo Hennebique, sin olvidar las soluciones, formalmente tan atractivas, de Maillart para este tipo de forjados, mucho más interesantes que los rutinarios que se construyen en la actualidad. La distancia tecnológica está en los medios auxiliares que se emplean, pero, en esencia, el método de construcción sigue siendo artesanalmente similar. La difusión de innovaciones industriales en la edificación residencial todavía es muy baja.

El sueño de la Ciudad de Hormigón y sus esperanzas se ha desvanecido en el aire. La técnica ha reforzado su presencia y hegemonía en el mundo, pero mientras en la cultura de la Modernidad la tecnología tenía una capacidad de representación y de utopía, ahora a finales del siglo XX, la técnica apare-

century shared the aesthetic culture of the time, but his work revealed the contradictions between his functionalist mentality and his aesthetic schooling. In truth he was an eclectic who lavishly adorned his urban work, but one who, together with Vicente Machimbarrena, led the tribute paid to Eduardo Torroja in 1936 on the completion of the latter's Recoletos Sports Hall and the grandstand for the Zarzuela Racetrack, both in Madrid, and using a formal, rationalist style which was far removed from the excessive decorations of many of Ribera's works.

V

This article has been written on the occasion of my participation in a Seminar on Architectural and Industrial Heritage, where I have wished to pay tribute to reinforced concrete as a historic material and, at the same time, to alert specialists and investigators in this field of the need to direct our attention towards this material which, as opposed to iron, is still considered to be too "new" to enter into the inventory of listed buildings.

While it is true that there are listed concrete bridges and architectural works, in these latter only the form and not the structure of the building is taken into account and it is painful to see interesting 20th century reinforced concrete structures being demolished on the basis that their "enclosure" is considered to be of little architectural value.

A further reflection that should be made on this, the centenary of reinforced concrete, is just how much influence technology has had in the development of reinforced concrete buildings over the years, and the illustrations included in this article may serve as example. In both technique and form buildings continue to be based on the framework of columns, beams and slabs; that is to say Hennebique's framework. The quality of concrete and reinforcing steels has naturally improved, but other construction aspects such as grid slabs, which are so common today, were already being tested one hundred years ago by Hennebique and very attractive solutions were developed by Maillart for this type of slab which are much more interesting than the commonplace slabs being constructed today. The technological differences lie in the auxiliary means employed, but, in essence, actual building methods are still very similar. The development of industrial innovations in residential buildings is still very low.

The dream of the Concrete City and the expectations it created have all vanished into thin air. It would not be true to say that technology has taken a supporting role, far from it, technology has become ever present and forceful in the world, but while in Modern times technology had the capacity of representation and utopia, at the end of the 20th century technology appears in a world in which reality and

ce en un mundo en que realidad y representación se confunden. Un mundo donde no es posible la utopía, porque sólo hay presente, y donde la realidad y lo imaginario coinciden. ●

NOTAS

- (1) Adorno, T. *Teoría Estética*. Taurus. Madrid. 1980.
- (2) Navarro Vera, José Ramón. *El puente Moderno en España*. Fundación Juanelo Turriano. En prensa.
- (3) Navarro Vera. op. cit.
- (4) Pessoa, F. *Máscaras y Paisajes*. Edhasa. Barcelona. 1996.
- (5) Wiebenson, D. *Tony Garnier. The Cité Industrielle*. G. Brazillier. Inc. Nueva York. 1969.
- (6) Banham, Reyner. *La Atlántida de Hormigón*. Nerea. Madrid. 1989.
- (7) Banham, Reyner. op. cit.
- (8) VV.AA. *Le béton en représentation La Mémoire photographique de l'entreprise*. Hennebique. 1890-1930. Hazan. Paris. 1993.
- (9) Rowe, C. *La estructura de Chicago en Frank Lloyd Wright*. Stylos. Barcelona. 1990.
- (10) Ribera, J.E. *Construcciones modernas de hormigón armado*. Revista de Obras Públicas. 1903. pág. 125.
- (11) Ribera, J.E. *Fábricas de Cemento Armado*. Cemento Armado. 1901. 2º semestre. pág. 375.
- (12) Ribera, J.E. *Evoluciones constructivas. El hormigón armado*. Edición de la Revista de Obras Pulicas. Talleres Voluntad. Madrid. 1925.
- (13) Van der Rohe, L.M. *Escritos, diálogos y discursos*. Edición del Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante. 1982. El texto original es de 1924.
- (14) Fernández Ordoñez, J.A.y Navarro Vera, J.R. *Eduardo Torroja. Ingeniero*. Pronaos. Madrid. 1999.

representation are confused. A world where utopia is no longer possible as there is only a present where reality and ideal coincide. ●

NOTES

- (1) Adorno, T. *Teoría Estética*. Taurus. Madrid. 1980.
- (2) Navarro Vera, José Ramón. *El puente Moderno en España*. Fundación Juanelo Turriano. Press article.
- (3) Navarro Vera. op. cit
- (4) Pessoa, F. *Máscaras y Paisajes*. Edhasa. Barcelona. 1996.
- (5) Wiebenson, D. *Tony Garnier. The Cité Industrielle*. G. Brazillier. Inc. New York. 1969.
- (6) Banham, Reyner. *The Concrete Atlantis*. Nerea. Madrid. 1989.
- (7) Banham, Reyner. op. cit.
- (8) V.A. *Le béton en représentation La Mémoire photographique de l'entreprise*. Hennebique. 1890-1930. Hazan. Paris. 1993.
- (9) Rowe, C. *The structure of Chicago in Frank Lloyd Wright*. Stylos. Barcelona. 1990.
- (10) Ribera, J.E. *Construcciones modernas de hormigón armado*. Revista de Obras Públicas. 1903. page 125.
- (11) Ribera, J.E. *Fábricas de Cemento Armado*. Cemento Armado. 1901. 2nd semester. page. 375.
- (12) Ribera, J.E. *Evoluciones constructivas. El hormigón armado*. Revista de Obras Publicas. Talleres Voluntad. Madrid. 1925.
- (13) Van der Rohe, L.M. *Escritos, diálogos y discursos*. Colegio de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Alicante. 1982. Original text from 1924.
- (14) Fernández Ordoñez, J.A.y Navarro Vera, J.R. *Eduardo Torroja. Ingeniero*. Pronaos. Madrid. 1999.