
ESTUDIOS / STUDIES

LA LEGITIMACIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO EN CHILE: ENTRE LA DIVULGACIÓN TEÓRICA DE LA TÉCNICA Y EL TERREMOTO DE VALPARAÍSO (1891-1906)

Rodrigo Booth

Universidad de Chile

E-mail: rodrigo.booth@uchilefau.cl

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5435-4897>

Fernando Pérez Oyarzun

Pontificia Universidad Católica de Chile

E-mail: fperez@uc.cl

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1438-715X>

Claudio Vásquez Zaldívar

Pontificia Universidad Católica de Chile

E-mail: cvz@uc.cl

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5962-2291>

Recibido: 05 enero 2022; Aceptado: 08 mayo 2023; Publicado: 11 Diciembre 2023

Cómo citar este artículo / Citation: Booth, Rodrigo; Pérez Oyarzun, Fernando; Vásquez Zaldívar, Claudio (2023), "La legitimación del hormigón armado en Chile: entre la divulgación teórica de la técnica y el terremoto de Valparaíso (1891-1906)", *Asclepio*, 75 (2): e29. DOI: <https://doi.org/10.3989/asclepio.2023.29>

RESUMEN: Este trabajo se propone indagar en los mecanismos a través de los cuales el conocimiento técnico sobre el hormigón armado circuló entre fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX en Chile, donde la aplicación de esta innovación tecnológica fue observada como una posible solución frente a los daños causados por los terremotos. El artículo revisa la circulación de los saberes técnicos a través de medios impresos, los avatares que observaron sus primeras aplicaciones en este país y la lección constructiva que dejaron los terremotos de comienzos del siglo XX, como catalizadores de la innovación representada por el hormigón armado a nivel global.

Palabras clave: Hormigón armado; Chile; Patentes; Accidentes; Terremoto.

THE LEGITIMATION OF REINFORCED CONCRETE IN CHILE: BETWEEN THE THEORETICAL DISSEMINATION OF THE TECHNIQUE AND THE VALPARAÍSO EARTHQUAKE (1891-1906)

ABSTRACT: This work aims to investigate the mechanisms through which technical knowledge about reinforced concrete circulated between the end of the 19th century and the beginning of the 20th century in Chile, where the application of this technological innovation was observed as a possible solution to the damage caused by earthquakes. The article reviews the circulation of technical knowledge through printed media, the vicissitudes observed in its first applications in this country, and the constructive lesson left by the earthquakes of the early twentieth century, as catalysts for the innovation represented by reinforced concrete.

Keywords: Reinforced Concrete; Chile; Patents; Accidents; Earthquakes.

INTRODUCCIÓN

La invención del hormigón armado a mediados del siglo XIX y su posterior difusión comercial transformó la forma de construir y de concebir el espacio en el mundo contemporáneo. Este sistema constructivo combinó el empleo de materiales conocidos desde la antigüedad, como el cemento, con estructuras nuevas de hierro y principalmente de acero, es decir, armaduras metálicas que, en conjunto con el cemento en estado líquido, funcionan de manera colaborativa, permitiendo que formas moldeables se conviertan en estructuras monolíticas de gran resistencia a la tracción y la tensión.

Para algunos, el hormigón armado es un producto de laboratorio cuyas cualidades de maleabilidad, su resistencia y su condición ignífuga lo convierten en el sistema constructivo ideal de la modernidad, una verdadera piedra artificial que permitió la construcción de edificios resistentes frente a los terremotos e infraestructuras de gran escala, como carreteras, puertos o represas, perdurables en el tiempo. En síntesis, un sistema constructivo que transformó la cultura material durante el siglo XX (Slaton, 2001; Simonnet, 2009). Para otros, la rápida difusión y las aplicaciones masivas del hormigón armado en todos los dominios de la construcción convirtieron al cemento en el segundo material más consumido en el mundo después del agua, lo que explica el papel que las cementeras ocupan como la principal industria individual productora de CO₂ en el mundo (Cohen y Moeller, 2006; Newby, 2001). Además de su impacto en la crisis climática actual, al hormigón armado se le ha juzgado por contribuir a la homologación de las formas habitables, por rigidizar la práctica de la arquitectura, por favorecer el predominio de las lógicas industriales de construcción frente a las prácticas vernáculas y por imponer una mercantilización en la producción global del espacio (Jappe, 2020). Aunque nadie es indiferente ante este sistema constructivo, solo recientemente la historiografía de la ingeniería y de la arquitectura, leída en sentido técnico, ha comenzado a llenar los vacíos de conocimientos referidos a la dimensión temporal de las aplicaciones del hormigón armado como clave para comprender el impacto que su desarrollo ha tenido en la cultura material contemporánea (Forty, 2012).

Este trabajo se propone indagar en la circulación de conocimientos y experiencias sobre el hormigón armado que permitieron sus primeras aplicaciones en América Latina en el penúltimo cambio de siglo. Específicamente, se estudia el caso de Chile, un país que, debido a su exposición frecuente ante los terremotos, vio redefinido su aspecto material a través del empleo masivo del hormigón armado durante el siglo XX. Sin embargo,

lejos de establecerse como el resultado automático e inevitable de las fuerzas de la industria internacional, el empleo local del hormigón armado en obras de ingeniería y arquitectura requirió de la solución de una serie de controversias técnicas que pusieron en duda su aplicación inicial.

Proponemos que en Chile el hormigón armado tuvo inicialmente una difusión teórica a través de la circulación de conocimientos en medios escritos, que daban sustento técnico a los intereses comerciales que buscaban imponerse en la prensa especializada tras la puesta en funcionamiento de la primera fábrica dedicada a la producción industrial de cemento Portland, inaugurada en 1891. Posteriormente, al comenzar el nuevo siglo, la experiencia fallida que significó el derrumbe de la primera obra construida en hormigón armado ralentizó la introducción de este sistema constructivo y puso en duda el empleo del hormigón armado por su aparente inestabilidad. Finalmente, las constataciones de los daños causados por el terremoto de Valparaíso de 1906 en construcciones tradicionales volcaron generalizadamente la atención sobre el hormigón armado como una posible solución. Este terremoto alentó el interés de los técnicos chilenos por el estudio de este nuevo sistema constructivo y aceleró la circulación de conocimientos y profesionales que aplicarían por primera vez en gran escala el hormigón armado en Chile.

EL CONCRETO EN EL PAPEL: LOS SABERES TÉCNICOS Y SU DIFUSIÓN

El florecimiento de la industria internacional del hormigón armado coincidió en Chile con cuestiones de orden institucional, gremial y comercial, que en conjunto sirvieron como sustento de la renovación de las técnicas constructivas que comenzarían a observarse desde la primera década del siglo XX. En primer lugar, debe consignarse el establecimiento en 1887 del nuevo Ministerio de Industria y Obras Públicas y en particular, al año siguiente, de la Dirección General de Obras Públicas, organismos tecno-políticos que estarían encargados de gestionar, proyectar, comisionar o construir obras de infraestructura y edificios en todo el país. Los ingenieros de esas reparticiones fueron los primeros en prestar atención al desafío que significaba la introducción del hormigón armado en las obras públicas. En segundo lugar, cobra relevancia el establecimiento en 1888 del Instituto de Ingenieros de Chile, un organismo de la sociedad civil que buscó simultáneamente promover el desarrollo industrial y tecnológico, al tiempo que difundir los avances de la ciencia y de la tecnología moderna. Para ello empleó las páginas de su órgano oficial de difusión, la revista *Anales del Instituto de*

Ingenieros que, con una periodicidad mensual y una larga trayectoria editorial, se convertiría en la primera publicación de proyección pública que abordaría cuestiones de construcción, arquitectura, desarrollo urbano y producción de infraestructuras, entre otras temáticas tratadas en sus páginas (Parada, 2011). En tercer lugar, también fue importante la inauguración en 1891 de la Fábrica de Cementos Portland de La Calera, empresa que proveería la materia prima principal para la ejecución de obras de hormigón armado (Greve, 1944, p. 212). Si bien otros componentes como las barras y mallas de acero fueron importadas hasta entrado el siglo XX, las compañías cementeras adquirieron un rol significativo en la difusión de las cualidades del hormigón armado. En 1906, la Fábrica de Cementos El Melón, también ubicada en la zona de La Calera, en un lugar estratégicamente situado cerca de la vía férrea que conectaba a Valparaíso y Santiago, las dos ciudades más importantes del país, iniciaría la producción masiva de cemento que la ubicaría como una de las principales operadoras del mercado latinoamericano (Tafunell, 2007). Desde la década de 1900 estas empresas comenzarían a financiar “obras modelo”, es decir, pequeños edificios u obras menores de infraestructura, que servirían al mismo tiempo para probar la aplicación del hormigón armado y para demandar de las autoridades su participación en la transformación del sistema nacional de obras públicas (Greve, 1943, p. 293; Booth, 2009, pp. 263-279).

Durante la última década del siglo XIX la difusión del hormigón armado se mantuvo en un plano teórico y ocupó las páginas de los órganos de prensa técnica antes de la construcción de cualquier obra que empleara este sistema. Por ejemplo, en *Anales del Instituto de Ingenieros* se discutió sobre la calidad del cemento producido en la fábrica de La Calera y si sería posible que este material fuera empleado en construcciones de mampostería, como puentes o alcantarillas, que desarrollaba la Dirección General de Obras Públicas en la extensión de la vía férrea hacia el sur del país¹.

Una de las primeras referencias sobre hormigón armado fue proporcionada en la misma revista por el ingeniero Manuel Trucco, profesional titulado en la Universidad de Chile en 1899 y que al iniciar su carrera se desempeñaba en la Dirección General de Obras Públicas². En 1900 Trucco publicó el artículo titulado “Notas sobre bóvedas”, donde informaba sobre el perfeccionamiento de las técnicas de construcción en “cemento armado” (sic), destacando la labor de la “Sociedad Austriaca de Ingenieros y Arquitectos”³. Poco tiempo más tarde Manuel Trucco realizaría una estadía de perfeccionamiento en la École Nationale des Ponts et Chaussées en París y retornaría a Chile para desempeñarse como profesor de

Resistencia de Materiales en la Universidad de Chile en los años 1901 y 1902. Por su parte, el ingeniero-arquitecto de la Universidad de Chile Enrique Döll expuso en la misma revista en 1902 sobre el empleo del sistema Kleine de hormigón armado en un sanatorio de tuberculosos construido en Prusia⁴. Es interesante destacar que estos dos ingenieros que tempranamente manifestaron una preocupación por los avances internacionales de las técnicas constructivas referidas al hormigón armado, tanto en su vertiente francesa como prusiana, continuaron más adelante promoviendo su uso a través de otros medios: por una parte Döll, desde su cargo como Director General de Obras Públicas ocupado entre 1908 y 1912, estaría a cargo de la traducción de las normas prusianas para el uso del hormigón armado que, en la práctica, se convertiría en la primera normativa aplicada en Chile para el uso del nuevo sistema constructivo⁵; por otra parte, Trucco publicaría en los años 20 uno de los primeros manuales de obras de hormigón armado editado en Chile⁶.

Las primeras referencias *in extenso* que buscaron difundir el empleo del hormigón armado datan justamente de estos años. En 1902, un artículo publicado en *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, exponía en detalle las características principales del nuevo sistema constructivo⁷. En este texto el ingeniero chileno Juan López explicaba cuáles eran las ventajas y las desventajas de la aplicación del hormigón armado en obras de ingeniería o arquitectura. Establecía, por ejemplo, que entre sus ventajas se encontraban sus características incombustibles que se habían confirmado en ensayos recientes que les otorgaban una inédita seguridad a edificios en caso de incendios. Del mismo modo, el autor destacaba su condición impermeable, que habilitaba la construcción de obras hidráulicas, como los alcantarillados cuya construcción para Santiago se discutía en ese momento (Fernández Domingo, 2015). Un tercer elemento destacable que se exponía en esa publicación era su maleabilidad, que permite “darle las formas más caprichosas [por lo que] se presta mucho para construcciones con adorno arte nuevo”⁸. Pero en un momento de incertidumbre tecnológica como el que se vivía, las preocupaciones que los técnicos exponían señalaban también los inconvenientes de su aplicación en Chile. Por ejemplo, si bien la bibliografía internacional señalaba su menor costo relativo frente a otros sistemas constructivos, en Chile se constataba la necesidad de contar con materiales importados para poder construir obras: si bien se producía cemento Portland en La Calera, el autor consignaba que la calidad de este producto nacional era variable “pues aunque hai algunos sacos que merecen premio otros no lo merecen”⁹. Las barras y mallas metálicas en ese momento debían importarse

en su totalidad. La falta de operarios competentes y en general de profesionales y técnicos conocedores del nuevo sistema y la inexistencia de cálculos de resistencia eran problemas que constataba el ingeniero López¹⁰. Con la finalidad de presentar los últimos avances este autor exponía las características de los sistemas patentados más conocidos en ese momento, detallando las propuestas de inventores como Monier, Mondenave, Ilyat, Ranson, Melan, Cottancin y Hennebique¹¹. En los meses siguientes fueron publicados en la misma revista nuevos ejemplos de obras de hormigón armado desarrolladas en diferentes países del mundo, donde justamente se indicaban las condiciones superiores del sistema, destacándose aspectos como su durabilidad, bajo costo, su resistencia frente al agua o el fuego y sus cualidades antisísmicas, aspectos que demostrarían la conveniencia que tendría su empleo en Chile. Tal es el caso de las menciones a los puentes de hormigón armado construidos en Estados Unidos en los primeros años del nuevo siglo o bien las referencias a casas, chimeneas o puentes construidos en Bélgica o Francia en el mismo momento¹².

La difusión teórica del hormigón armado en la primera década del siglo XX tuvo una vía adicional de comunicación: la circulación de manuales de construcción. Estos manuales, algunos de carácter teórico y otros manuales prácticos para la aplicación de las técnicas en obras, contribuyeron en la circulación de saberes específicos que, si bien constituían una realidad en el contexto internacional, todavía no eran aplicados en Chile. Cientos de patentes vigentes a comienzos del siglo circularon y fueron conocidas por ingenieros y arquitectos a través de la lectura de estos documentos antes de la ejecución de las primeras obras construidas en el país. Al menos ocho de estos manuales publicados entre 1900 y 1906 se conservan actualmente en bibliotecas chilenas. Algunos de estos volúmenes eran publicaciones francesas o inglesas, que circularon en Chile en su idioma original¹³. Dos de los manuales eran traducciones al español, desde el italiano o el francés, editados en España¹⁴. Resulta de interés constatar que al menos dos de estos documentos pudieron haber tenido un uso académico, puesto que pertenecen a las colecciones de las únicas dos escuelas de ingenieros y arquitectos que existían en Chile en la primera década del siglo XX: la de la Universidad de Chile y la de la Universidad Católica de Chile. Sabemos también que uno de estos textos fue adquirido por el arquitecto Hermógenes del Canto en 1906, en Estados Unidos, justo después del terremoto que destruyó la ciudad de San Francisco en ese año y que, como veremos más adelante, aceleró el debate sobre la introducción del hormigón armado en todo el mundo¹⁵. Hermógenes del Campo sería, además, el autor del proyecto del nuevo Matadero de Santiago, una de las primeras obras de

arquitectura pública construidas completamente en hormigón armado, trabajo que data de mediados de la década de 1910. La adquisición del manual y su uso práctico en el diseño de sus obras da cuenta del interés de Hermógenes del Canto por la comprensión de este sistema constructivo. Mientras tanto, el primer tratado chileno de construcción de obras en el que se consideró el empleo del hormigón armado tiene más bien la forma de los apuntes de un curso dictado por el arquitecto Eugenio Joannon en la Universidad Católica de Chile¹⁶. Este texto, titulado sencillamente *Construcción*, data de 1911, unos siete años después de la catástrofe de la Casa Pra, el derrumbe de la primera obra de hormigón armado que se construía en Chile y que tuvo entre sus protagonistas indirectos al propio Joannon, tal como se verá en la siguiente sección.

LA CATÁSTROFE DE LA CASA PRA: EL MOMENTO DE LA INCERTIDUMBRE TECNOLÓGICA

La difusión teórica de los avances del hormigón armado en Chile sentó las bases para su aplicación material. Esto comenzó a concretarse en el primer lustro del siglo XX, aunque sus ensayos iniciales pusieron en duda la aplicabilidad del nuevo sistema constructivo: el primer caso en el que el hormigón armado fue empleado en Chile resultó ser una situación crítica para la introducción del sistema, un derrumbe conocido en su momento como la catástrofe de la Casa Pra, ocurrida en octubre de 1904. En efecto, aunque los trabajos recientes de historia de la construcción suelen concentrarse en los avances de la técnica y los ensayos exitosos, resulta interesante atender también los casos fallidos. La catástrofe de la Casa Pra tiene mucho que decirnos acerca del proceso de legitimación del hormigón armado, sobre las formas de circulación de los saberes y de los expertos, así como también sobre el modo en que el nuevo sistema constructivo fue comprendido por los profesionales de la construcción y por la sociedad en su conjunto. Este caso ilumina no solo sobre lo que se pensaba, sino que también sobre lo que se creía que eran las principales características y defectos del hormigón armado en un momento en el que la incertidumbre dominaba la escena técnica internacional.

La Casa Pra fue una de las primeras grandes tiendas comerciales que funcionó en el centro de Santiago. Su primer edificio había sido construido en 1895 por el ingeniero-arquitecto francés Eugenio Joannon, quien había llegado a Chile seis años antes como parte de un contingente de profesionales europeos contratados por el gobierno de José Manuel Balmaceda con la finalidad de desarrollar las obras de infraestructura y arquitectura que requería la modernización material de Chile (Pé-

rez, 2017). Junto con otros importantes ingenieros y arquitectos de origen europeo, como Émile Doyère o Gustave Verniony, Joannon llegó a Chile contratado por la Dirección General de Obras Públicas¹⁷. Pocos años después comenzó a recibir encargos privados, entre los que se destacan sus trabajos para congregaciones religiosas que le permitieron levantar iglesias y colegios católicos. En 1895, el comerciante Julio Pra, también francés, contactó a Eugenio Joannon para encargarle la construcción de un establecimiento comercial. Este edificio fue resuelto con una estructura metálica y cerramientos de vidrio, donde destacaban los pilares de hierro revestidos en cemento para favorecer su estabilidad y protegerlos del fuego. Ese fue el uso que se le dio al cemento en esta obra y en muchas otras que el mismo Joannon desarrolló en los primeros años de ejercicio privado de la profesión de arquitecto. El edificio seguía principios estructurales similares a los del edificio de la Comercial Edwards, construido en 1892 y aun en pie, ubicado en la esquina sur-oriente de la Plaza de Armas de Santiago, quizá la obra más conocida entre los primeros trabajos de Joannon en Chile. El edificio de la Casa Pra se ubicaba en la calle Huérfanos, también en el centro de Santiago. En 1903 Pra decidió construir un segundo edificio en el solar vecino, con la finalidad de expandir su casa comercial. El nuevo edificio sería encargado también a Joannon, quien preparó un nuevo proyecto de arquitectura de estructura metálica y vidrio, similar al anterior (Joannon, 2009, pp. 224-225).

El proyecto propuesto por Eugenio Joannon no se construiría. En su lugar sería desarrollado un proyecto diferente, propuesto por los representantes en Chile de la patente que había inscrito Paul Cottancin en 1889, cuya empresa buscaba expandirse en América Latina buscando emular el éxito comercial global que había alcanzado la empresa de François Hennebique, que por entonces dominaba el mercado internacional del hormigón armado (Simonnet, 2009; Delhumeau, 1999). Las losas del sistema Cottancin estaban formadas por una malla realizada con un alambre continuo de hierro o acero doblado sucesivas veces hasta formar una red sin ataduras sobre la que se vertía el hormigón líquido. Este principio se aplicaba con modificaciones en pisos, tejados, escaleras y pilares¹⁸. En muros y tabiques Cottancin ofreció quizá su aporte más significativo a la técnica del hormigón armado de comienzos el siglo XX al patentar un sistema que empleaba ladrillos huecos de hormigón, unidos entre sí por varas lisas de acero y un relleno de mortero líquido vertido en la cavidad de los ladrillos. Esto permitía que las obras construidas con el sistema Cottancin fueran especialmente esbeltas, además de baratas. La mayor parte de las obras de Cottancin fueron realizadas entre 1899 y 1904, año que marcó la

decadencia económica de la empresa, de la que en parte fue responsable la catástrofe de la Casa Pra en Santiago de Chile. Durante ese lapso algunos de los edificios más importantes construidos con el sistema Cottancin fueron el Pabellón de San Marino en la Exposición Universal de 1900 en París; una iglesia metodista construida en Exeter, Inglaterra, en 1902; la iglesia Saint Jean de Montmartre de París, de 1903, posiblemente su trabajo más reconocido y duradero; el teatro municipal de Tulle, en Corrèze, Francia, también de 1903; y algunos edificios gubernamentales construidos en Túnez en el mismo momento. Si bien el listado de obras es más extenso, es importante constatar a través de esas referencias que el sistema Cottancin tuvo una vocación global que se manifestó a través de su interés por construir obras fuera de Francia, donde había comenzado su trabajo, e incluso fuera del continente europeo (Edgell, 2001).

Hasta 1903 la patente de Paul Cottancin no había sido aplicada en América Latina. Por su parte, el arquitecto Eugenio Joannon no había desarrollado hasta entonces obras en hormigón armado. De hecho los buenos resultados de sus trabajos construidos en estructuras metálicas revestidas en cemento que había sido empleado con fines de seguridad ante el fuego y para mejorar la estabilidad de la estructura ante eventos sísmicos, como lo había practicado en obras de importancia como las torres de la Iglesia de San Ignacio, en Santiago o en la Catedral de Concepción, llevaron al arquitecto Joannon a proponerle a Julio Pra seguir el mismo sistema para la construcción de su segundo establecimiento comercial. Sin embargo, en mayo de 1903 se presentaron ante Joannon los ingenieros franceses Brault y Jousselin, representantes en Chile de Cottancin, para ofrecerle operar esta obra con el sistema de hormigón armado que ellos explotaban¹⁹. Si bien Joannon consideró el interés que tenía el empleo del nuevo sistema y atendiendo al éxito que los representantes de Cottancin expusieron en casos de edificios desarrollados en Francia, el arquitecto se dejó convencer solo parcialmente y recomendó a Pra emplear el sistema Cottancin únicamente para reemplazar el envigado de hierro de su proyecto, manteniendo esencialmente todo lo demás según el diseño original que el mismo Joannon había desarrollado. Poco tiempo después Cottancin contactó directamente a los socios de Pra en París, quienes convencieron a los mandantes de modificar completamente el proyecto para construirlo íntegramente en hormigón armado bajo el sistema Cottancin, con lo que el empresario francés se ahorraría el 30% del costo de la obra, además de asegurar las condiciones de seguridad contra incendios del edificio. Según se desprende de la correspondencia que mantuvo Joannon y Cottancin durante esta fase inicial del diseño del proyecto de arquitectura, el arquitecto avocinado

en Chile solicitó al inventor francés detalles sobre los cálculos de resistencia del material para poder estudiarlos, dar su aprobación y firmar los planos del proyecto, haciéndose responsable legal de la obra ejecutada. Sin embargo, Cottancin no le permitió acceder a esa información aduciendo la confidencialidad de la patente que explotaba, razón por la que Joannon se marginó de la planificación de la obra²⁰. Quedarían a cargo del desarrollo de la obra los ingenieros franceses Brault y Jouselin, representantes de Cottancin en Chile. Esta discusión adquiriría relevancia más de un año después de tomada la decisión de relegar al arquitecto Joannon a un papel de consultor del proyecto finalmente diseñado y ejecutado por los representantes de Cottancin, cuando el edificio de la casa Pra se derrumbó el 10 de octubre de 1904, llevándose consigo la vida de una decena de personas y gran parte de la inversión de Pra, minando de paso la estabilidad general de la empresa de Cottancin a nivel global, firma que finalmente se declaró en bancarrota

en 1906, en parte debido a los problemas económicos que este proyecto fallido le causó.

El derrumbe de la Casa Pra supuso la ralentización del proceso de introducción del hormigón armado en Chile debido a la desconfianza que generó tanto en la opinión pública como entre los especialistas el empleo de este nuevo sistema constructivo. Es interesante consignar que el derrumbe de la Casa Pra fue atendido por los principales competidores de Cottancin como ejemplo de los problemas constructivos de esa patente, lo que le restaba confiabilidad. El archivo de la empresa de François Hennebique, inventor de un sistema constructivo que a la postre se convertiría en el más confiable del mercado internacional y que sería el principal responsable de la difusión del hormigón armado en todo el mundo, constata el seguimiento que se le hizo desde Francia al accidente que protagonizó Cottancin en Chile. Provenientes de ese archivo, tanto la Figura 1 como la Figura 2 da cuenta

Octobre 1904. — Effondrement d'un bâtiment à Santiago du Chili
(Briques et Ciment armé).

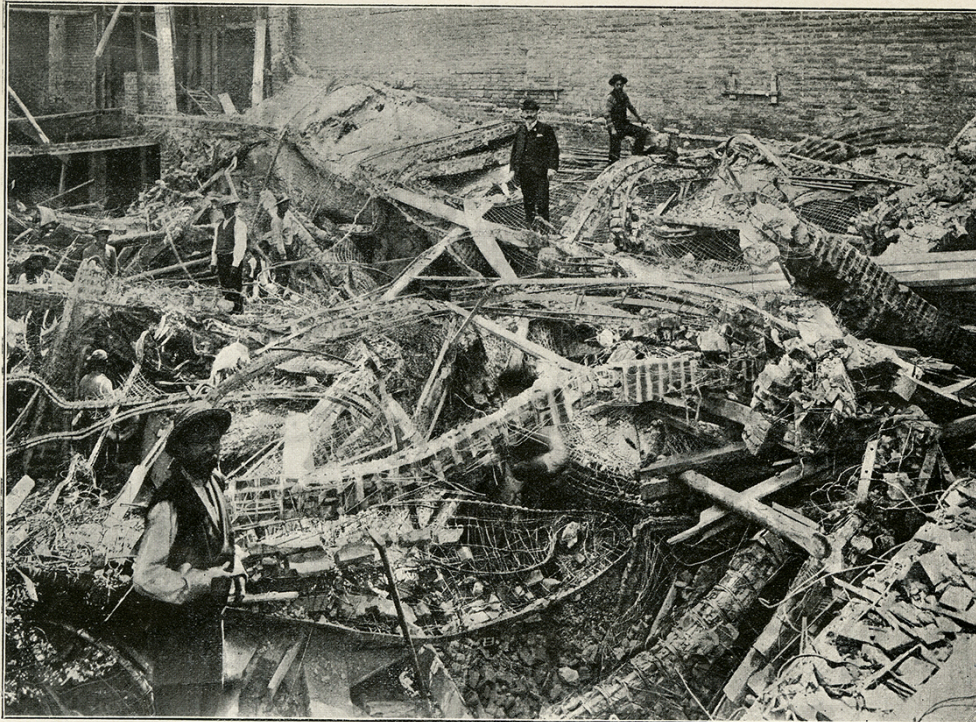


Figura 1. Octubre de 1904. Derrumbe de un edificio en Santiago de Chile. Ladrillo y hormigón armado. Cité de l'architecture et du patrimoine, Fonds Bétons armés Hennebique (BAH).

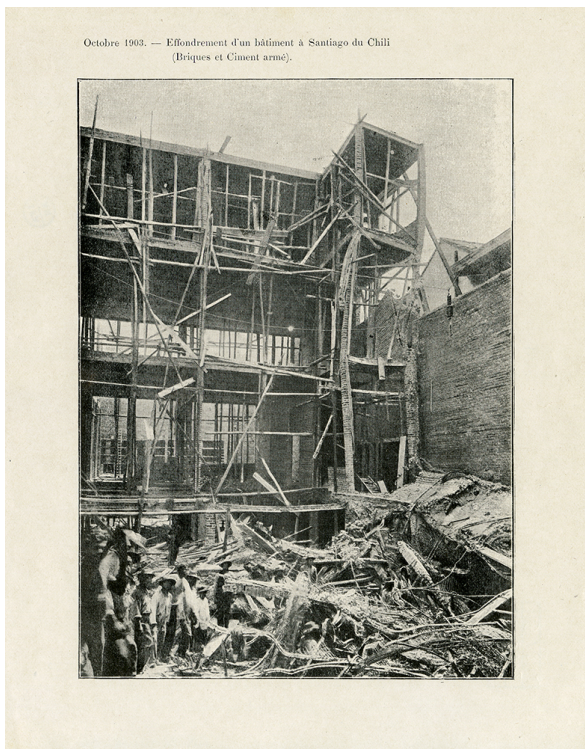


Figura 2 Octubre de 1903 (sic). Derrumbe de un edificio en Santiago de Chile. Ladrillo y hormigón armado. Cité de l'architecture et du patrimoine, Fonds Bétons armés Hennebique (BAH).

de la escala de la destrucción que provocó este accidente de construcción. Un amasijo de ladrillos, pilares, barras metálicas y trozos de losas destruidas forman parte del registro fotográfico encargado por la empresa Hennebique estableció la gravedad del derrumbe²¹; por otro lado, las páginas de la revista *Le Béton Armé*, órgano oficial de la empresa y medio de difusión central de esta tecnología, da cuenta del derrumbe acaecido en Santiago, exagerando el episodio y señalando un saldo de más de 50 muertos, responsabilizando de ello a los constructores de un “hormigón mal armado”. *Le Béton Armé* indicaba que no bastaba con “aprisionar” hierro en un mortero de cemento para obtener hormigón armado como muchos creían, haciendo con ello una velada crítica a la empresa de Cottancin²². Tanto los archivos de Hennebique como las páginas de su revista están cargados de registros de derrumbes de edificios, de la destrucción de puentes, del colapso de estanques y muchos otros accidentes ocurridos en obras de hormigón armado ejecutadas según principios diferentes a los de la patente de Hennebique. Con ello *Le Béton Armé* contribuyó a fijar el canon del hormigón armado en el sistema Hennebique, cuya presencia se generalizó en todo el mundo en la primera década del siglo XX.

Luego del derrumbe de la Casa Pra se conformó una comisión técnica que tenía la finalidad de establecer las causas del accidente. Esta estuvo formada por un grupo de ingenieros de prestigio, seleccionados entre los pocos que tenían conocimientos sobre hormigón armado. Allí participaron Enrique Budge, importante ingeniero de Valparaíso que había propuesto la construcción del camino plano entre Valparaíso y Viña del Mar (Booth, 2019); José Forteza, ingeniero-arquitecto catalán contratado por la Dirección de Obras Públicas de Chile en 1889, que se desempeñaba como profesor de Arquitectura Artística en la Escuela de Bellas Artes y de Composición Arquitectónica en la Universidad de Chile al momento de la catástrofe; el ya mencionado Enrique Döll, ingeniero-arquitecto de la Universidad Chile que había promovido inicialmente el uso del hormigón armado a través de *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*; Ventura Piedrabuena, Director de Obras Municipales de Santiago; el ingeniero Carlos Barroilhet, quien se desempeñaba en la fábrica de cementos Portland de La Calera y que formaría en 1906 la Fábrica de Cementos El Melón que dirigió durante más de una década (Booth, 2009); y León Bidez, ingeniero belga contratado por el Estado de Chile para dar clases en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, donde enseñaba el curso de Resistencia de Materiales²³. La comisión no pudo establecer si las causas del derrumbe se debían al soporte insuficiente que ofrecían los pilares estructurales que sostenían la obra, puesto que el secreto de la patente se mantuvo durante el juicio y el cálculo de Cottancin no pudo ser analizado por los expertos. Descartada por los peritos la posibilidad de la mala calidad de los materiales, que habían sido traídos especialmente desde Francia por el contrato establecido entre Pra y Cottancin, las sospechas se volcaron sobre el mayordomo francés, M. Dérat, persona de confianza del inventor, quien estaba a cargo de los trabajos en Chile y que resultó gravemente herido en el accidente. Una causa posible del derrumbe habría sido el empleo de una cantidad menor de materiales que los requeridos por la construcción, algo que la comisión sospechó debido a que las instrucciones del inventor señalaban solo las cantidades máximas a ser empleadas y no las mínimas.

Para Eugenio Joannon, por su parte, una conjunción de elementos de responsabilidad parcial de M. Dérat, también constituían la causa principal del derrumbe: la instalación en la losa de la azotea de algunos pesados tornos destinados a subir el material hacia ese lugar habría sobrecargado la estructura al tiempo que eran responsables de producir una peligrosa vibración, asimilable a un sismo, que arriesgaba la estabilidad de una obra todavía incompleta. A esta imprudencia, como la calificó Joannon, se le sumó una copiosa lluvia que cayó la noche anterior al derrumbe, humedad que habría hecho

que el edificio, todavía sin terminar, acumulara un peso insostenible por la esbelta estructura de Cottancin²⁴.

Algunos antecedentes dan cuenta de la extrema esbeltez estructural del edificio, lo que podría explicar en parte el accidente. Esto se advierte no solo en las fotografías, sino que también en registros escritos, como el que proviene del diario del bombero Gaspar Toro Barros, quien participó en el rescate de los obreros atrapados. Según su relato, el edificio era “de una construcción muy rara: sin murallas, pero de cemento romano y alambres”, delatando la extrañeza que causaba en la mirada de un observador lego la nueva propuesta arquitectónica que significaba esta construcción²⁵.

Estudiar el proceso de legitimación del hormigón armado en un momento en que las verdades acerca del sistema constructivo no estaban plenamente validadas resulta de gran interés para explicar cómo fueron ubicándose las diversas ideas que coexistían sobre la nueva tecnología. En estos momentos de incertidumbre tecnológica se movilizan una serie de opiniones, favorables o contrarias, a la introducción de una nueva tecnología. Se trata del campo fértil descrito por la sociología de la innovación como una “controversia socio-técnica”, de cuya resolución emanan nuevas verdades tecno-científicas (Latour, 2008). Es significativo el silencio que en esta polémica guardó la revista *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, en la práctica el único medio de comunicación especializado sobre ingeniería del país. La ausencia de información en esa revista sobre este episodio crítico para el proceso de legitimación del hormigón armado puede leerse como un compromiso del Instituto de Ingenieros por promover el empleo del nuevo sistema constructivo en Chile, algo que se observaba a través de los numerosos artículos que los ingenieros publicaban en sus páginas antes y después del accidente, los que habrían caído en contradicciones si se hubiera publicado un análisis crítico del sistema Cottancin y de la experiencia de la Casa Pra.

Pese al aparente desinterés del único medio de difusión técnica disponible a comienzos del siglo XX, el derrumbe de la Casa Pra generó amplias dudas en la sociedad sobre la pertinencia del uso del hormigón armado en un país sísmico como Chile. A través de los medios de comunicación no especializados es posible seguir las diversas opiniones críticas provenientes desde el mundo técnico. Por ejemplo, el Director de Obras Municipales de Santiago, el arquitecto Ventura Piedrabuena, explicaba un día después de este accidente que el siniestro acaecido en Chile era común en Europa, que eran fundados los temores de algunos respecto a la solidez del edificio y que esta nueva clase de construcción —el hormigón armado— no prestaba las

condiciones de seguridad a la que se estaba habituado en Chile²⁶. Una nota publicada en el *Diario Ilustrado* también explicaba el método constructivo delatando su debilidad, fallas de cálculo y escasa solidez²⁷. Los juicios críticos frente al hormigón armado figuran en la prensa a través de la opinión de los ingenieros y arquitectos escépticos frente al empleo del nuevo y desconocido sistema. Uno de ellos, que no fue identificado en el medio que lo entrevistó, señalaba la necesidad de tomar precauciones especiales así como realizar una investigación cuidadosa sobre una construcción de estas características, especialmente debido a la dudosa calidad de los materiales empleados en Chile, que no contaban con una regulación que garantizara su idoneidad²⁸. Un “constructor francés”, citado por el diario *Las Últimas Noticias*, explicaba toda la genealogía del hormigón armado, señalando las dudas que le causaba este desconcertante sistema, que no había sido probado y que había sido rechazado por los arquitectos y constructores al menos para la construcción de edificios, debido a que los elementos decorativos que debían primar en una obra de arquitectura eran difíciles de realizar. Pero sobre todo, este “constructor francés” establecía su juicio crítico frente al hormigón armado debido a que no existía una ley de resistencia general para este tipo de obras²⁹. A través de un relato pormenorizado de accidentes similares en Francia y Alemania, entre otras el del derrumbe de un puente sobre el río Sena construido para la exposición internacional de 1900, el “constructor francés” buscaba exponer que el accidente de la Casa Pra no había sido un caso aislado³⁰.

Más allá de la información técnica que circulaba en la prensa no especializada, esta se hizo eco del desastre a través de múltiples formas. Una de ellas fue el uso que se le dio a la escena de la destrucción a través de la ilustración de noticias que circularon ampliamente en la ciudad de Santiago. Ese fue el caso de *La Lira Chilena*, un periódico de amplia difusión entre las elites de la ciudad, que presentó el accidente publicando una escena dantesca a página completa en la que se mostraba el caos en el momento del derrumbe. En la Figura 3 se observa la escena que representa el intento desesperado de algunos obreros que buscaban escapar del desastre colgando de los pocos muros que se mantenían en pie, mientras la mayor parte de los trabajadores caían desde la altura entre los escombros de lo que habían sido las faenas de la construcción. En la calle algunos transeúntes observaban atónitos el accidente mortal.

En conjunto, las opiniones técnicas y la circulación de la noticia del desastre permearon el juicio general sobre el hormigón armado en la opinión pública. Ese fue el caso de los apoderados de la Escuela San Jacinto, establecimiento que se encontraba en construcción



Figura 3 La catástrofe del 10 de octubre de 1904. La Lira Chilena, 7(43), octubre de 1904.

durante los días de la catástrofe de la Casa Pra. Según registran los documentos de la Intendencia de Santiago, un grupo de apoderados de esa escuela, alarmados por haber escuchado que el edificio en que estudiarían sus hijos también estaba siendo construido en hormigón armado, se comunicaron con el Intendente de la capital para solicitar que se nombrara una comisión encargada de estudiar la “solidez y estabilidad de dicho edificio lo cual llevará la tranquilidad a nuestros ánimos y beneficiará a los mismos Hermanos [de San Jacinto], pues hay muchos que en breve retirarán sus hijos de ese establecimiento por el peligro aludido”, expresando abiertamente su desconfianza ante el nuevo sistema constructivo³¹. En respuesta a esta solicitud, el informe del asesor técnico de la Intendencia, el arquitecto Benjamín Marambio, al tiempo que satisfacía el interés de los apoderados de la Escuela San Jacinto, replicaba en su lenguaje técnico las aprensiones comunes frente al sistema constructivo estableciendo que “la construcción seguida en el edificio del Colegio de San Jacinto, es completamente diversa al cemento armado, de modo que por este motivo, pueden estar tranquilos los firmantes del denuncia que se hace al Sr. Intendente”³².

La desconfianza inicial frente al hormigón armado se mantendría hasta 1906, momento en que los terremotos que afectaron a San Francisco, en California y a Valparaíso, en la costa central de Chile, contribuyeron a redirigir la mirada sobre las nuevas tecnologías de la construcción y particularmente sobre el hormigón armado. La fuerza de estos terremotos movilizaría la mirada de los ingenieros y los llevaría a estudiar en detalle los efectos que los movimientos telúricos tenían sobre las construcciones tradicionales y modernas. A partir de entonces el hormigón armado se situaría en una posición inédita de ventaja frente a cualquier otro sistema constructivo, como medio para evitar las consecuencias desastrosas de los terremotos.

EL TERREMOTO DE VALPARAÍSO DE 1906: EL HORMIGÓN ARMADO COMO VERDAD CIENTÍFICA

Tras el accidentado debut del hormigón armado en Chile, la primera obra que llegó a buen término fue un pequeño pabellón dedicado a albergar unos establecimientos sanitarios en el Internado Nacional Barros Arana, en Santiago. Este pabellón, ejecutado en 1905, inauguró las acciones en Chile de la Compañía Holandesa de Obras de Concreto Armado, una empresa que utilizó la estrategia de desarrollar una obra modelo para insertarse en el mercado nacional (Greve, 1944, p. 293; Disco, 1990, pp. 267-330). El responsable de esta obra fue el ingeniero holandés Guillermo Kamp, cuyo trabajo fue bien evaluado por varios profesionales chi-

lenos reunidos en la sesión del 25 de mayo de ese año en el Instituto de Ingenieros de Chile³³. Es llamativa la mención a esta obra, aparentemente insignificante en sus dimensiones, en el principal medio de difusión de la ingeniería chilena del momento, especialmente si se contrasta esa referencia con la nula mención a la catástrofe de la Casa Pra del año anterior. Esto puede interpretarse como una voluntad implícita de los ingenieros chilenos o de los intereses comerciales vinculados con la industria del cemento, por difundir obras exitosas desarrolladas con este sistema constructivo.

Pero no fue esta primera obra la que reorientó la opinión crítica de técnicos y legos hacia una visión favorable sobre las cualidades del hormigón armado. Lo cierto es que en contraste con la incertidumbre inicial provocada por la catástrofe de la Casa Pra, una nueva opinión sobre este sistema constructivo surgió a partir de la segunda mitad de la década de 1900, como resultado de los diagnósticos realizados en Chile y en otros lugares sísmicos ante los daños provocados por los terremotos. En este sentido, cobró gran importancia el análisis de daños en obras de arquitectura e ingeniería provocados por el terremoto de Nagano, en Japón, en 1905, pero especialmente después de los dos grandes terremotos que azotaron la costa del Pacífico americano, primero en San Francisco, California, el 18 de abril de 1906 y el que tuvo su epicentro cerca de Valparaíso, en la costa central de Chile, el 16 de agosto del mismo año. La circulación de conocimientos técnicos e informaciones sobre los diagnósticos a los daños estructurales de edificios e infraestructuras que se difundieron por todo el mundo luego de estos terremotos, constituyen el elemento principal que permite explicar por qué las opiniones sobre el hormigón armado fueron redefinidas luego de los desastres socio-naturales mencionados. Desde entonces, y a diferencia de lo que había sucedido solo dos años antes, la opinión experta y el juicio público establecieron que el hormigón armado no solo era el sistema constructivo que mejor se comportaba ante los movimientos telúricos, sino además que este debía ser promovido por las autoridades técnicas.

En una época de comunicaciones rápidas la noticia del terremoto de San Francisco se conoció en Chile de forma casi inmediata. En el número de abril de 1906 de *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* el ingeniero Juan E. Cerda publicó una crónica sobre los daños causados por el sismo de esa ciudad, conocidos en Chile a través del cable. Su artículo marcaría el derrotero de las opiniones técnicas referidas al tipo de construcción ideal para enfrentar estos eventos a los que Chile estaba habitualmente expuesto. La comparación entre la realidad material de ambos países no se hizo esperar. La

nota publicada en el medio chileno indicaba que en San Francisco numerosos edificios construidos en ladrillos se habían caído súbitamente, mientras que las obras hechas con armazones metálicas, es decir, todos los grandes edificios, habían resistido mejor a “los oleajes del suelo”, pero habían sucumbido ante los estragos del “incendio espantoso” que sucedió al terremoto. El mismo artículo indicaba que la experiencia de San Francisco debía llamar la atención de los ingenieros y arquitectos chilenos y de todos los países que sufrían los efectos de un terremoto, proponiendo que todas las obras de importancia debían resistir monolíticamente frente al movimiento telúrico y tener características ignífugas que impidieran la difusión del fuego. El articulista indicaba que la conclusión lógica a la que todo conocedor podía llegar era que “el único material actual que permite obtener una solidez a toda prueba i una resistencia invulnerable contra el fuego es el concreto armado”³⁴. Juan E. Cerda aclaraba: “no me refiero al seudo concreto armado empleado por M. Cottancin, la dolorosa prueba a que se sometió en Santiago lo excluye (sic) del mercado chileno; me refiero a la combinación racional de un concreto de cemento Portland i de armaduras metálicas”³⁵.

En los meses siguientes las informaciones provenientes de la prensa internacional engrosaron el conocimiento que los ingenieros chilenos tenían sobre el comportamiento de las estructuras tras el terremoto de San Francisco. Un artículo publicado en el número de agosto y septiembre de 1906, el último preparado con anterioridad al gran sismo que afectó la zona central de Chile y que suspendió temporalmente la periodicidad mensual de los *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, recogía información publicada en la *Revista de Obras Públicas* de Madrid que incluía entrevistas realizadas a ingenieros expertos en estructuras de las universidades de California y de Stanford, quienes se referían detalladamente a casos de edificios dañados por el sismo. A diferencia de los edificios de albañilería y de algunos edificios de acero mal cimentados, los expertos señalaban nuevamente que “los edificios de cemento armado resistieron admirablemente el terremoto”³⁶. La importancia que el terremoto de San Francisco tenía para el conocimiento del comportamiento de las estructuras en un país tan expuesto a los sismos como Chile llevó al gobierno chileno a interesarse con más detalles no solo sobre el diagnóstico de los daños materiales, sino que también sobre las técnicas y las estrategias de la reconstrucción. Para ello, en mayo de 1906 la Dirección General de Obras Públicas publicó un decreto con la finalidad de enviar a ingenieros chilenos a la zona devastada por el terremoto de San Francisco. El envío de profesionales a California tenía el objetivo de reportar los daños, conocer sobre los avances de las técnicas antisísmicas y estudiar

las formas en que se enfrentaba la emergencia y la reconstrucción. Los ingenieros Carlos Hoering, Domingo Calvo Mackenna y Hermógenes del Canto, reportando desde la zona del sismo, fueron los primeros en publicar sus impresiones. Todos estos informes coincidían en describir el excelente desempeño del hormigón armado sobre cualquier otro sistema aplicado en las construcciones californianas, tanto ante el movimiento telúrico como frente a los incendios que se propagaron luego del terremoto de San Francisco. Las recomendaciones para Chile se hicieron más urgentes luego del terremoto del 16 de agosto de 1906 en Valparaíso, razón por la que los informes enviados desde los Estados Unidos consideraron el caso que estudiaban como un modelo para el proceso de reconstrucción que iniciaría Chile en los meses siguientes a ese desastre socio-natural. El empleo generalizado del hormigón armado era la recomendación principal³⁷. Con la circulación de estos ingenieros chilenos en California en 1906 se inauguró una estrecha relación de colaboración que se proyectaría en el tiempo y que, años más tarde, definiría algunos aspectos de las políticas de construcción de caminos en la misma zona de costera de Valparaíso (Booth, 2014).

Como se puede apreciar en la Figura 4, el terremoto de Valparaíso de 1906 afectó principalmente a construcciones de adobe, albañilería de ladrillos y, de una forma dramática, a los edificios de estructuras de madera, muchos de los cuales no cayeron como producto del movimiento, sino que fueron arrasados por el incendio que le siguió. Si bien es cierto que el terremoto de 1906 ha acaparado la atención de investigadores que lo consideran como un acelerador en la introducción de innovaciones en el campo de las nuevas tecnologías en la reforma urbana que le sucedió en Valparaíso, particularmente en el abovedamiento de las alcantarillas, la rectificación de calles y el ensanche de la ciudad en su zona portuaria (Martland, 2009; 2017), solo recientemente algunos trabajos profundizan en la transformación ingenieril y arquitectónica que significó el diagnóstico del comportamiento de los sistemas constructivos tras este evento sísmico (Maino, 2022). En ese sentido, el ingeniero Hormidas Henríquez ocupó un papel fundamental en la difusión del hormigón armado como sistema constructivo confiable. En su trabajo *El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo*, publicado en 1907, este profesional efectuó un detallado diagnóstico sobre el comportamiento de los diferentes sistemas constructivos frente al gran terremoto³⁸. Su estudio consideró la documentación técnica proveniente principalmente de los Estados Unidos a través de la revista *Engineering Record*, confirmando la existencia de redes de conocimientos técnicos cada vez más complejas. Tal como lo manifestaban varios otros documentos, informes de especialistas y textos de difusión que circulaban



Figura 4. El terremoto de Valparaíso. *Zig-Zag*, 82, septiembre de 1906.

simultáneamente en las revistas especializadas, Henríquez también exponía que el hormigón armado era el sistema que mejor resistía frente grandes terremotos e incendios³⁹. Aunque no mencionaba patentes o marcas específicas Hormidas Henríquez difundía en Chile el diagnóstico de numerosos ingenieros y técnicos que declaraban que los sistemas más convenientes para enfrentar terremotos e incendios eran el hormigón armado o bien formas que combinaran estructuras de acero y rellenos de concreto armado. El propio Henríquez concluía que se debía “abandonar nuestros sistemas de construcción porque son inadecuados para un país azotado por temblores como es el nuestro (...) Debemos ir resueltamente al concreto armado, si no queremos experimentar nuevamente las grandes pérdidas que hemos soportado. El concreto armado convenientemente concebido y no criminalmente ejecutado como el de la casa Pra de Santiago, es lo mejor para resistir en caso de terremotos e incendios”⁴⁰.

Tras el terremoto de Valparaíso, Chile adquirió cierta notoriedad científica y comercial. El estudio de los sismos, por una parte y la reconstrucción, por otra, fijaron la atención de expertos de todo el mundo que llegaron

a Chile y que continuaron promoviendo el empleo del hormigón armado en el país. Por ejemplo, en 1906 el gobierno chileno contrató al ingeniero y reconocido sismólogo francés Fernand Montessus de Ballore con el objetivo de establecer en Chile una red de sismógrafos que permitiera estudiar este tipo de eventos (Valderrama, 2015 y 2021). Además de fundar las bases de la ciencia sismológica en Sudamérica, Montessus de Ballore (Poirier, 2015) también sugirió que las construcciones que se ejecutaran en Chile estuvieran preparadas para soportar los movimientos telúricos para lo cual recomendaba el empleo de sistemas constructivos resistentes como el hormigón armado⁴¹. La oportunidad de la reconstrucción fue también valorada como un incentivo comercial para quienes se dedicaban a la producción de obras de hormigón armado. Aunque no ha sido posible rastrear los resultados de su oferta, sí es posible constatar que luego del terremoto de 1906 se encuentra en Chile la presencia de ingenieros japoneses, como Tositada Nakatar, quien llegó a Valparaíso con la intención de ofrecer un sistema constructivo patentado para obras de hormigón armado que buscaba colaborar en la reconstrucción de la ciudad⁴². Del mismo modo, la voluntad de cooperar con la



Figura 5. Puente Viña del Mar. Anónimo (1910)

reconstrucción o bien la oportunidad de desarrollar un lucrativo negocio en el proceso de reconstrucción motivó la llegada a Chile del ingeniero-arquitecto francés Victor Auclair, quien terminaría jugando un rol preponderante en el desarrollo de obras públicas y privadas que serían construidas en hormigón armado (Debowski y Perrin, 2009). Su trayectoria en Chile, que se prolongaría durante más de 15 años, terminaría modificando las perspectivas sociales frente al nuevo sistema constructivo. Tal como se aprecia en su trabajo como ingeniero estructural de edificios tan significativos como el Matadero de Santiago, los hangares para la aviación militar del campo aéreo de Lo Espejo en Santiago, una serie de copas de agua y soluciones innovadoras para la marquesina del Club Hípico de Santiago, obra del arquitecto Josué Smith Solar o para la iglesia de los Sacramentinos diseñada por Ricardo Larraín Bravo, el empleo del hormigón armado en la obra de Victor Auclair alcanzó una calidad técnica indelible. Por otro lado, la Compañía Holandesa de Obras de Concreto Armado, que había comenzado a operar en Chile en 1905 con el pequeño pabellón sanitario del Internado Nacional Barros Arana, llevaría adelante una campaña de gran interés para el desarrollo de las obras públicas, que sería inaugurada justamente

en la zona más afectada por el terremoto con el diseño y la construcción de la que sería la primera gran obra civil desarrollada de hormigón armado de Chile: el puente de la calle Quillota en Viña del Mar, todavía en funcionamiento (Fig. 5)⁴³. Posteriormente, los ingenieros holandeses que trabajaban en esta empresa, como Cornelio Westenek, tuvieron una participación importante en obras de tanta trascendencia como la Biblioteca Nacional de Chile (Pérez, Booth, Vásquez y Muñoz, 2021) o la Maestranza General de Ferrocarriles del Estado, cuyos trabajos se iniciaron en la década siguiente a la del terremoto. Además de la construcción de estas obras significativas para la historia de la construcción en Chile, la campaña de promoción de obras de hormigón armado que desarrolló esta compañía tuvo presencia en la prensa, en revistas especializadas para ingenieros o arquitectos, acción pública que contribuyó a sedimentar la idea que calificaba al hormigón armado como el sistema constructivo ideal. Tanto la circulación de informaciones como la de personas daba cuenta del modo en que este sistema constructivo fue estructurando una red global de conocimientos técnicos e intereses comerciales que tuvo a Chile como uno de sus centros más activos de producción a comienzos del siglo XX.

CONCLUSIONES

El proceso de legitimación del hormigón armado en Chile, tal como en otros lugares del mundo, dependió de la circulación de saberes técnicos que permitieron fijar las ideas sobre la nueva tecnología al tiempo que despejar las dudas sobre el funcionamiento de sus planteamientos. En estas páginas hemos estudiado las formas que adquirió la circulación de los saberes técnicos sobre el hormigón armado en Chile, un país sísmico cuya cultura material ha dependido del comportamiento de las estructuras frente a este tipo de eventos de la naturaleza.

En el tránsito que va desde la última década del siglo XIX hacia la primera del XX es posible observar la existencia de tres etapas sucesivas en las que los nuevos saberes sobre esta técnica recientemente inventada eran comunicadas y aplicadas en Chile. En primer lugar, se ha explicado la importancia que tuvo la difusión escrita de este nuevo conocimiento que circuló a través de revistas especializadas y manuales prácticos o teóricos de construcción. Luego ha sido atendido un episodio crítico, el derrumbe del primer edificio de hormigón armado que se construía en Chile, hecho que marcó la incertidumbre inicial con la que especialistas y legos se enfrentaron a un sistema constructivo que en la práctica no se mostraba tan sólido como era promovido por las patentes que pugnaban por imponerse en el mercado internacional de la construcción. Finalmente se ha explicado el lugar que ocuparon los terremotos de comienzos del siglo XX y especialmente el que afectó a la ciudad de Valparaíso, como eventos que marcaron una nueva disposición frente al hormigón armado.

La preocupación por las infraestructuras sismo-resistentes que debutó con el terremoto de 1906 posicionó al hormigón armado no solo como una alternativa válida, sino que como la opción deseable para la construcción de edificios e infraestructuras en Chile. A contar de entonces la historia de la ingeniería y de la arquitectura chilenas observarían una importante especialización en sus aspectos estructurales con la finalidad de proteger mejor el espacio construido de la destrucción que tradicionalmente imponían estos eventos. La experiencia del terremoto de 1906 movilizó a la fuerza el desarrollo de sistemas normativos estrictos, orientó una nueva preocupación en las universidades por la formación científica de los ingenieros y los arquitectos, y provocó la fiscalización cada vez mayor de los procesos de producción nacional de cemento Portland y acero, que permitirían difundir este sistema constructivo en el país. Esta etapa culminaría con la publicación de la ley de construcciones antisísmicas de 1929, normativa que fijaría definitivamente la trascendencia que el hormigón armado tendría para asegurar la calidad de las obras que se construirían en Chile durante todo el siglo XX.

FUENTES DE FINANCIACIÓN

Este trabajo es resultado del Proyecto Fondecyt N.º 1151372, "Lo bueno es eterno: una historia cultural de la irrupción del hormigón armado y su impacto en la arquitectura y la ingeniería en Chile, 1891-1939", financiado por ANID, Chile.

NOTAS

- 1 Las discusiones sobre la calidad de los cementos chilenos pueden verse en: Boutroux, 1894; Klein, 1894 y Vergara Montt, 1894. Para el caso del uso del cemento chileno en las infraestructuras ferroviarias ver Santa María, 1896; Santa María, 1897.
- 2 Instituto de Ingenieros de Chile, 1939, p. 152.
- 3 Trucco, 1900, pp. 475-476.
- 4 Döll, 1902, p. 254.
- 5 Dirección Jeneral de Obras Públicas, 1912.
- 6 Trucco, 1912.
- 7 López, 1902.
- 8 López, 1902, p. 412.
- 9 López, 1902, p. 412.
- 10 López, 1902, p. 414.
- 11 Juan, 1902, pp. 414-415.
- 12 L. L. J., 1902, p. 471; Anónimo, 1903; Lyon, 1903.
- 13 Chabredier, 1900; Plantat, 1900; Christophe, 1902 y Buel, 1906.
- 14 Taylor, 1900; Morel, 1902 y Vachelli, 1903.
- 15 Taylor, 1906.
- 16 Joannon, 1911.

- 17 Eugenio Joannon se había formado como ingeniero-arquitecto en la École Centrale d'Architecture y en la École des Beaux Arts de París. Fue discípulo de Paul Blondel. Ver: Joannon Rivera, 2009.
- 18 Rosenberg, 1913, pp. 26, 67, 108, 126, 143, 156.
- 19 Un registro de la correspondencia entre Joannon y Cottancin se encuentra en el opúsculo que publicó el primero para defenderse públicamente de los comentarios que le asignaban una responsabilidad en el derrumbe de la Casa Pra. Al respecto consultar: Joannon, 1905, pp. 7-8.
- 20 Joannon, 1905, p. 8.
- 21 Cité de l'architecture et du patrimoine, Fonds Bétons armés Hennebique (BAH). Subdiv. 55: expériences, essais, constats. Dossier 076 Ifa 138/18. Vues du bâtiment effondré.
- 22 Anónimo, 1904, p. 259.
- 23 Anónimo, 1920.
- 24 Joannon, 1905, pp. 24-37.
- 25 Toro, Gaspar (1904), Diario bomberil del voluntario de la 5.ª Compañía de Bomberos don Gaspar Toro Barros, documento inédito, p. 7.
- 26 "El siniestro de la calle de Huérfanos", *El Mercurio*, 11 de octubre de 1904, pp. 5-6.

- 27 "Gran catástrofe", *El diario Ilustrado*, 11 de octubre de 1904, pp. 1-2.
- 28 "La catástrofe de ayer (editorial)", *El Mercurio*, 11 de octubre de 1904.
- 29 "El siniestro de ayer", *Las Últimas Noticias*, 11 de octubre de 1904.
- 30 "La construcción del edificio", *El diario Ilustrado*, 11 de octubre de 1904, p. 2.
- 31 Archivo Nacional Histórico, Fondo de la Intendencia de Santiago, vol. 250, s/f.
- 32 Archivo Nacional Histórico, Fondo de la Intendencia de Santiago, vol. 250, s/f.
- 33 Anónimo, 1905, p. 256.
- 34 Cerda, 1906, p. 191.
- 35 Cerda, 1906, p. 191.
- 36 Anónimo, 1906, p. 430.
- 37 Hoering, 1907a, 1907b, 1907c; Calvo Mackenna y Del Canto 1907.
- 38 Henríquez, 1907.
- 39 Henríquez, 1907, pp. 51-55.
- 40 Henríquez, 1907, p. 54.
- 41 Montessus de Ballore, 1906.
- 42 "Construcciones japonesas en Valparaíso", *El Mercurio*, 19 de marzo de 1907.
- 43 Anónimo, 1910.

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo (1903), "Crónica", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 3(11), pp. 519-522.
- Anónimo (1904), "Béton mal armé", *Le Béton Armé*, 7(77), p. 259.
- Anónimo (1905), "Actas de las sesiones del Instituto. Sesión ordinaria del 25 mayo 1905", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 5(7), p. 256.
- Anónimo (1906), "Crónica. El terremoto de San Francisco i su efecto sobre las construcciones". *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 6 (8 y 9), p. 430.
- Anónimo (1910), *Álbum de Obras Públicas 1909-1910*, Santiago, Ministerio de Industria y Obras Públicas.
- Anónimo (1920), "Necrología. Don León Bidez", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 20(8), pp. 337-338.
- Booth, Rodrigo (2009), *Automóviles y carreteras. Movilidad, modernización y transformación del territorio en Chile, 1913-1931*, Tesis para optar al grado de Doctor en Arquitectura y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile. DOI: <https://doi.org/10.7764/tesisUC/ARQ/21428>
- Booth, Rodrigo (2014), "Turismo, panamericanismo e ingeniería civil. La construcción del camino escénico entre Viña del Mar y Concón, 1917-1931", en *Historia*, 47 (2), 277-311. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71942014000200001>
- Booth, Rodrigo (2019), "Del camino plano a la Avenida España. Debates tecno-políticos e infraestructuras públicas en la conformación del Gran Valparaíso, 1906-1930", en *Historia 396*, 9(1), 73-124. <http://www.historia396.cl/index.php/historia396/article/view/322/141> Fecha de consulta 29 de agosto 2023
- Buel, Albert (1906), *Reinforced Concrete*, Nueva York, McGraw Hill.
- Calvo Mackenna, Domingo; Canto, Hermógenes del Canto (1907), "El Terremoto de San Francisco de California sus efectos i la reconstrucción (Conclusión)", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 7(8), pp. 391-497.
- Cerda, Juan E. (1906), "Crónica. El concreto armado i el terremoto de San Francisco", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 6(4), p. 19.
- Chabredier, M. (1900), *Cours pratique de béton armé*, París, Ed. de l'École du Génie Civil
- Christophe, Paul (1902), *Le béton armé et ses applications*, París, Librairie Polytechnique.
- Cohen, Jean Louis; Moeller, Martin (2006), *Liquid Stone. New Architecture in Concrete*, Nueva York, Princeton University Press.
- Debowski, Laurence; Perrin, Francine (2009), "Victor Auclair (1866-1928), compagnon charpentier du devoir de liberté et architecte au Chili", en *Fragments d'histoire du Compagnonnage*, 12, pp. 139-177.
- Delhumeau, Gwenaël (1999), *L'invention du béton armé. Hennebique, 1890-1914*, París, Éditions Norma.
- Disco, Cornelis (1990), *Made in Delft. Professional Engineering in the Netherlands, 1880-1940*, Tesis para optar al grado de doctor, Universidad de Amsterdam.
- Dirección General de Obras Públicas (1912), "Documentos. Normas administrativas para la ejecución de construcciones en concreto armado", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 12(3), pp. 114-146.
- Döll, Enrique (1902), "Sanatorios para tuberculosos (Continuación)", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 2(6), pp. 251-263.
- Edgell, G. J. (2001), "The remarkable structures of Paul Cottancin", en Newby, Frank (ed.), *Early Reinforced Concrete*, Aldershot-Burlington, Ashgate, pp.169-186.
- Fernández Domingo, Enrique (2015), "Estudio sobre la génesis y la realización de una estructura urbana: la construcción de la red de alcantarillado de Santiago de Chile (1887-1910)", en *Historia*, 48(1), 119-193. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-71942015000100005>
- Forty, Adrian (2012), *Concrete and culture. A material history*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Greve, Ernesto (1943), *Historia de la Ingeniería en Chile (vol. 2)*, Santiago, Imprenta Universitaria.
- Greve, Ernesto (1944). *Historia de la Ingeniería en Chile (vol. 3)*, Santiago, Imprenta Universitaria.
- Henríquez, Hormidas (1907), *El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo*, Santiago, sin datos editoriales.
- Hoering, Carlos (1907a), "El terremoto de San Francisco de California, sus efectos i la reconstrucción", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 7(4), pp. 168-180.
- Hoering, Carlos (1907b), "El Terremoto de San Francisco de California sus efectos i la reconstrucción (Continuación)", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 7(5), pp. 197-284.

- Hoering, Carlos (1907c), "El terremoto de San Francisco de California sus efectos i la reconstrucción (Continuará)", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 7(7), pp. 374-375.
- Instituto de Ingenieros de Chile (1939), *Who's who (Guía profesional de la ingeniería en Chile)*. Edición de 1939, Santiago, Sociedad Imprenta y Litografía Universo.
- Jappe, Anselm (2020), *Béton. Arme de construction massive du capitalisme*, París, Éditions de l'échappée.
- Joannon, Eugenio (1905), *El papel del arquitecto en las construcciones de cemento armado: (con motivo de una catástrofe reciente)*, Santiago, Imprenta, Litografía y Encuadernación Barcelona.
- Joannon, Eugène (1911), *Construcción*, Santiago, Universidad Católica de Chile.
- Joannon Rivera, Eugenio (2009), *Eugenio Joannon Crozier*, Santiago, Sin datos editoriales.
- Klein, Víctor (1894), "El cemento de La Calera no es cemento. Refutación a la comunicación del señor Fernando Boutroux en sesión de 17 de octubre de 1893", *Anales del Instituto de Ingenieros*, 6(36), 1894, pp. 784-788.
- L. L. J. (1902), "Crónica", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 2(10), p. 471.
- Latour, Bruno (2008), *Reensamblar lo social. Una introducción a la teoría del actor red*, Buenos Aires, Ediciones Manantial.
- López, Juan (1902), "Cemento Armado", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 2(9), pp. 411-426.
- Lyon, L. (1903), "Progresos realizados en el estudio i construcción de puentes de ferrocarril (continuará)", *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 3(12), pp. 556-563.
- Maino, Sandro (2022), "Innovaciones en la construcción en Valparaíso después del terremoto de 1906", *XII Congreso Nacional y IV Internacional Hispano-Americano de Historia de la Construcción*. Mieres, España.
- Martland, Samuel (2009), "Social and Political Fault Lines. The Valparaiso Earthquake of 1906", en Jürgen Büchenau y Lyman L. Jonhson (eds.), *Aftershocks. Earthquakes and Popular Politics in Latin America*, Alburquerque, University of New Mexico Press, 70-99.
- Martland, Samuel (2017), *Construir Valparaíso: Tecnología, municipalidad y Estado 1820-1920*, Santiago, Centro de Investigaciones Diego Barros Arana.
- Montessus de Ballore, Fernand (1906), *El arte de construir en los países espuestos a temblores de tierra*, Santiago, Imprenta Cervantes.
- Morel, Augusto (1902), *El cemento armado y sus aplicaciones*, Madrid, Hijos de R. Álvarez.
- Newby, Frank (ed. 2001), *Early Reinforced Concrete*, Aldershot-Burlington, Ashgate.
- Parada, Jaime (2011), "La profesión del ingeniero y los *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 1840-1927", en *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile. Ingeniería y sociedad, 1889-1929*, Santiago, Biblioteca Fundamentos de la Construcción-Biblioteca Nacional de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Pérez, Fernando (2017), *Arquitectura en el Chile del siglo XX. Vol. 1. Iniciando el nuevo siglo 1890-1930*, Santiago, Ediciones ARQ.
- Pérez, Fernando; Booth, Rodrigo; Vásquez, Claudio; Yolanda Muñoz (2021), "Cimentando el centenario: el hormigón en tres edificios de Santiago de Chile a comienzos del siglo XX", en *Atenea*, 521, pp. 39-62, DOI: <https://doi.org/10.29393/AtAt523-409FPCC40409>
- Plantat, P. (1900), *Emploi du béton armé: analyse des expériences faites sous la direction des commissions ministérielles: circulaires et instructions officielles*, París, Libro de la Construction Moderne.
- Poirier, Jean-Paul (2015), *Fernand Montessus de Ballore (1851-1923). Pionnier français de la science des tremblements de terre*, París, Hermann Éditeurs.
- Rosenberg, Karl (1913), *Los diversos sistemas de construcciones de cemento armado*, Barcelona, Feliú y Susanna.
- Santa María, Domingo Víctor (1896), "Estribos i Machones de Puentes en Concreto", *Anales Del Instituto de Ingenieros*, 9(63), pp. 174-179.
- Santa María, Domingo Víctor (1897), "Estribos i Machones de Puentes en Concreto", *Anales del Instituto de Ingenieros*, 11(75), pp. 174-175.
- Simonnet, Cyrile (2009), *Hormigón. Historia de un material*, Madrid, Nerea.
- Slaton, Amy E. (2001), *Reinforced Concrete and the Modernization of American Building, 1900-1930*, Baltimore, The Johns Hopkins University Press.
- Tafunell, Xavier (2007), "On the Origins of ISI: The Latin American Cement Industry, 1900-30", en *Journal of Latin American Studies*, 39(2), pp. 299-328. <http://www.jstor.org/stable/4491812>. Fecha de consulta 29 de Agosto de 2023.
- Taylor, Frederick Winslow (1900), *Cálculo rápido de las construcciones de hormigón armado*, Barcelona, Ossó.
- Taylor, Frederick Winslow (1906), *A treatise on concrete plained and reinforced materials, constructions and design of concrete and reinforced concrete*, Nueva York, John Wiley
- Trucco, Manuel (1900), "Notas sobre bóvedas", *Anales del Instituto de Ingenieros*, 18(118), pp. 475-476.
- Trucco, Manuel (1912), *Resistencia de materiales: cemento armado*, Santiago, Universidad de Chile.
- Vachelli, José (1903), *Construcciones de hormigón y de cemento armado*, Madrid, Romo y Füssel.
- Valderrama, Lorena (2015). "Seismic Forces and State Power: The Creation of the Chilean Seismological Service at the Beginning of the Twentieth Century", en *Historical Social Research*, 40(152), pp. 81-104. DOI: <https://doi.org/10.12759/hsr.40.2015.2.81-104>
- Valderrama, Lorena (2021). *Todos los temblores después del terremoto. Configurar la experticia en un país sísmico*, Santiago, Ediciones Universidad Alberto Hurtado
- Vergara Montt, Enrique (1894), "Medios prácticos para reconocer los cementos Portland y romanos (tomados de libros de cláusulas francesas)", *Anales del Instituto de Ingenieros*, 6(48), pp. 839-849.