HORMIGÓN, CONCRETO Y CEMENTO ARMADO

INTRODUCCIÓN
INNOVACIÓN
APLICACIÓN






DESPUÉS DEL TERREMOTO DE 1906 EN VALPARAÍSO

◄ **Fig 1**: Bernasconi, Anjel “Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi”. Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).



UNIVERDIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA
CASA CENTRAL - VALPARAÍSO

LA INTRODUCCIÓN, INNOVACIÓN Y APLICACIÓN DEL HORMIGÓN, CONCRETO Y CEMENTO ARMADO, DESPUÉS DEL TERREMOTO DE 1906 EN VALPARAÍSO

Constanza Camila Sánchez Bustos

Sandro Maino Ansaldo
Profesor Referente

Tatiana Jiménez Bustos
Profesora correferente

Valparaíso, Diciembre 2023

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ARQUITECTA

FONDECYT DE INICIACIÓN N°11190301

EL TERREMOTO DE 1906 Y SU IMPACTO EN LA ARQUITECTURA,
LA INGENIERÍA Y LA CONSTRUCCIÓN DE VALPARAÍSO.

Agradezco sinceramente a mi familia y amigos por brindarme continuo apoyo a lo largo de mis estudios, con un reconocimiento especial a Evelyn y Milenka por su colaboración invaluable en este proceso de investigación.

Expreso mi profundo agradecimiento al profesor Sandro Maino por su dedicación y orientación en la dirección de este trabajo, así como por compartir su vasto conocimiento durante todo este periodo.

Quiero extender mi gratitud a los profesores Tatiana Jimenéz, Matías Correa y al equipo involucrado en el proyecto Fondecyt. Sus comentarios y aportes han sido fundamentales para alcanzar los resultados obtenidos en esta investigación.

Dedicado a Eve, Igna, Isi, María y Mile.

RESUMEN

Esta investigación aborda la introducción, aplicación y las innovaciones del hormigón armado que surgieron en la ciudad de Valparaíso en Chile a comienzos del siglo XX. La tesis se enmarca en el proyecto de investigación Fondecyt N° 11190301 "El terremoto de 1906 y su impacto en la arquitectura, la ingeniería y la construcción de Valparaíso".

El objetivo principal de la investigación es analizar las innovaciones en los sistemas constructivos que involucran componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos, después del terremoto de 1906 de Valparaíso, Chile. La metodología propuesta incluye el estudio de patentes de invención otorgadas en Chile entre el período comprendido entre 1906 y 1930, con el objetivo principal de caracterizar las innovaciones en los sistemas de hormigón armado que surgieron después del mencionado terremoto.

Para cumplir con el objetivo principal, se ha propuesto el desarrollo de estudio mediante cuatro metodologías. En primer lugar, se realizó un levantamiento de las patentes de invención otorgadas en Chile durante el período especificado, seleccionando cuidadosamente casos significativos. En segundo lugar, se llevó a cabo un análisis cualitativo para determinar las contribuciones técnicas y constructivas de estas innovaciones. En tercer lugar, se analizaron los antecedentes que permitieron contextualizar las invenciones de sistemas constructivos. Finalmente, se identificaron los casos específicos en los cuales se aplicaron las patentes en edificaciones de Chile y, en particular, de Valparaíso entre 1906 y 1930.

La reconstrucción de la introducción del hormigón armado en Chile, a partir de esta metodología permite reconocer y resaltar la contribución de las innovaciones y desarrollos específicos en el ámbito de la construcción que se desarrollaron o introdujeron en Chile, a principios del siglo XX.

ABSTRACT

This research addresses the introduction, application, and innovations of reinforced concrete that emerged in the city of Valparaíso, Chile at the beginning of the 20th century. The thesis is framed within the research project Fondecyt No. 11190301 "The 1906 earthquake and its impact on the architecture, engineering, and construction of Valparaíso."

The main objective of the research is to analyze innovations in construction systems involving concrete components or the combination of concrete with metal reinforcements after the 1906 earthquake in the city of Valparaíso, Chile. The proposed methodology includes the study of invention patents filed in Chile between the period 1906 and 1930, with the primary goal of characterizing innovations in reinforced concrete systems that emerged after the mentioned earthquake.

To achieve the main objective, the study is conducted through four methodologies. Firstly, the process of collection and information gathering of invention patents filed in Chile during the specified period was compiled, carefully selecting significant cases. Secondly, a qualitative analysis was carried out to determine the technical and constructive contributions of these innovations. Thirdly, the background information was analyzed to contextualize the inventions of construction systems. Finally, specific cases in which the patents were applied in buildings in Chile, particularly in Valparaíso between 1906 and 1930, were identified.

The reconstruction of the introduction of reinforced concrete in Chile, based on this methodology, allows recognizing and highlighting the contribution of innovations and developments in the field of construction that took place or were introduced in Chile in the early 20th century.

ÍNDICE

RESUMEN	P . 0 8
ABSTRACT	P . 0 9
ÍNDICE	P . 1 0
INTRODUCCIÓN	P . 1 3
HIPÓTESIS	P . 1 4
OBJETIVOS	P . 1 5
METODOLOGÍA	P . 1 6
FUENTES	P . 2 2
DELIMITACIÓN TEMPORAL	P . 2 3
ESTADO DEL ARTE	P . 2 4
INTRODUCCIÓN ANTECEDENTES	P . 2 7
EL TERREMOTO Y LOS INCENDIOS EN VALPARAÍSO A FINES DEL SIGLO XX	P . 2 8
LA INDUSTRIALIZACIÓN Y LOS MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN	P . 3 2
INTRODUCCIÓN DEL ACERO, CEMENTO Y HORMIGÓN ARMADO EN LA ARQUITECTURA, LAS ESTRUCTURAS Y LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE Y VALPARAÍSO	P . 4 4
INTRODUCCIÓN PATENTES	P . 5 3
CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PATENTES	P . 5 4
PATENTES DE INVENCIÓN DESARROLLADAS EN CHILE ENTRE 1906-1930	P . 5 9
PATENTE N°2091 / HENRY L. LEWEN (1908)	P . 6 0
PATENTE N°2591 / ANJEL BERNASCONI (1911)	P . 6 4
PATENTE N°2649 / AMÍLCAR MASSARI (1912)	P . 7 0
PATENTE N°2720 / SANTIAGO CASTRO Y FEDERICO SIBILLÁ (1912)	P . 7 6
PATENTE N°5317 / LUIS TRONCOSO PINTO (1923)	P . 8 2
PATENTE N°5351 / HOMERO CASTRO NORDENFLYCHT (1924)	P . 9 2

PATENTE N°5784 / EDGARDO FIGUEROA (1926) P . 1 0 0
PATENTES DE INVENCIÓN DESARROLLADAS EN EL EXTRANJERO E INTRODUCIDAS EN CHILE ENTRE 1906-1930 P . 1 0 5
PATENTE N°2349 / MARC´ AURELIO BOLDI (1910) P . 1 0 6
PATENTE N°2783 / AUTOR DESCONOCIDO (1912) P . 1 1 4
PATENTE N°5361 / AUTOR DESCONOCIDO (1923) P . 1 1 8
PATENTE N°5354 / PEDRO BERNARDO LOYEAU (1924) P . 1 2 2
PATENTE N°5910 / RAFAEL TROZZO (1926) P . 1 2 6
CONCLUSIÓN P . 1 3 0
ANALISIS COMPARATIVO P . 1 3 9

02

INTRODUCCIÓN CASO DE ESTUDIO
APLICACIÓN DE PATENTES DE INVENCIÓN EN CHILE Y VALPARAÍSO ENTRE 1906-1930 P . 1 4 7
CASO DE ESTUDIO: PROPIEDAD DE BERNARDO HOYOS POR EL ARQUITECTO HOMERO CASTRO NORDENFLYCHT P . 1 4 8
PROYECTO DE 1925 P . 1 5 6
PROYECTO DE 1926 P . 1 5 8
ANTECEDENTES PLANIMÉTRICOS P . 1 6 0
DISPOSICIONES DE LA LEY N°308 "SOBRE VIVIENDAS BARATAS" P . 1 6 1
APLICACIÓN DE LA PATENTE DE INVENCIÓN N°5351 DE 1924 P . 1 6 7
APLICACIÓN DE SISTEMA PATENTADO EN COMBINACIÓN CON SISTEMA CONSTRUCTIVO DE MADERA P . 1 6 9
P . 1 7 8

03

CONCLUSIÓN P . 1 8 2
TRABAJOS FUTUROS P . 1 8 5
BIBLIOGRAFÍA P . 1 8 6

INTRODUCCIÓN

El terremoto ocurrido el 16 de agosto de 1906 en Valparaíso marcó un hito significativo en la historia de la ciudad. Este evento sísmico, de considerable magnitud, ocasionó el colapso de numerosos edificios e infraestructuras, resultando en daños extensos en las instalaciones eléctricas y de gas, lo que originó una serie de incendios que agravó aún más la destrucción de la ciudad.

Estas circunstancias pusieron de manifiesto las deficiencias técnicas y constructivas existentes, ya que una parte del centro de la ciudad de Valparaíso, en donde se alojaban las construcciones con mayor presupuesto de la ciudad, quedó destruida como resultado de estos desastres. Este escenario sirvió como catalizador para la introducción de nuevas soluciones constructivas, que tuvieron como objetivo prevenir colapsos estructurales. Fue en este contexto que se crearon las condiciones propicias para la introducción, innovación y aplicación de sistemas constructivos que incorporaban componentes de hormigón o combinaban el hormigón con refuerzos metálicos en Valparaíso, a partir de 1906.

El propósito de la investigación fue caracterizar las innovaciones en el ámbito de la construcción de edificaciones en Chile que surgieron después del terremoto de 1906 y antes de la publicación de la Ley y Ordenanza General sobre Construcciones y Urbanización en 1930. Además, se buscó profundizar en la implementación práctica de estas innovaciones a través de un estudio de caso en el cual se aplicó una de las patentes de invención en la ciudad de Valparaíso.

El trabajo investigativo se enmarca en el proyecto Fondecyt de iniciación N°11190301 “El terremoto de 1906 y su impacto en la arquitectura, la ingeniería y la construcción de Valparaíso” a cargo del profesor Sandro Maino Ansaldo, cuyo trabajo se inscribe dentro del campo de la historia de la construcción, y la historia de las ciencias.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Qué innovaciones se realizaron en Chile respecto de las construcciones con elementos de hormigón u hormigón armado después del terremoto de 1906? ¿Cuál fue su impacto?

HIPÓTESIS

Después del terremoto de 1906 en Valparaíso, los componentes de hormigón y la combinación de hormigón con refuerzos metálicos emergieron como soluciones constructivas. El buen comportamiento de este material ante sismos e incendios impulsó su aplicación tanto en elementos aislados como en la construcción de edificios completos a comienzos del siglo XX. No obstante, la aplicación de estos sistemas constructivos se vio limitada por el elevado costo de sus materiales y la falta de mano de obra. Ante estas restricciones, arquitectos, ingenieros y constructores se abocaron a la búsqueda de soluciones que permitieran su implementación a una escala industrializada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las innovaciones en los sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos después del terremoto de 1906, que lo posicionan como una solución constructiva para mitigar los efectos de sismos e incendios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Exponer la diversidad de sistemas constructivos patentados en Chile con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en el período entre 1906 y 1930.

Contextualizar la introducción de innovaciones en los sistemas constructivos, que involucran componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos, durante el período comprendido entre 1906 y 1930 en Chile.

Examinar las aportaciones técnicas y constructivas de las primeras patentes con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en Chile.

Determinar la aplicación de las patentes de invención de sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en Chile y Valparaíso.

METODOLOGÍA

La investigación se basó en un enfoque cualitativo para interpretar la producción de innovaciones en sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos después del terremoto de 1906 y antes de la publicación de la Ley y Ordenanza General sobre Construcciones y Urbanización en 1930, considerando los fundamentos técnicos que los posicionan como soluciones constructivas para resistir los efectos de sismos e incendios. De acuerdo a lo anterior, la metodología de estudio se dividió en cuatro partes:

Levantamiento de Patentes: Se realizó un levantamiento de las patentes de invención entre 1906 y 1930 registradas en Chile relacionadas con sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos, para ello se llevó a cabo una cuidadosa selección de casos significativos.

Análisis Cualitativo de Patentes: Se llevó a cabo un análisis cualitativo para determinar las contribuciones técnicas y constructivas de los primeros sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en Chile. Este análisis se centró en las patentes de invención depositadas en Chile entre 1906 y 1930.

Análisis de Antecedentes: Se realizó un análisis de antecedentes para contextualizar las invenciones de sistemas constructivos. Para ello, se analizaron informes, artículos y publicaciones contemporáneos e históricos para comprender el entorno de la época posterior al terremoto de 1906 en Valparaíso.

Identificación de Casos en Valparaíso: Se identificaron casos en los cuales se hayan aplicado las patentes de invención en edificaciones de Chile y, específicamente en Valparaíso entre 1906 y 1930. Estos casos fueron seleccionados a partir de las especificaciones técnicas y planimetrías de cada proyecto, obtenidas desde el Archivo Histórico Patrimonial de Valparaíso.

La investigación se estructuró en tres capítulos principales que abarcan estas metodologías.

ANTECEDENTES HISTÓRICO

En el estudio de antecedentes históricos permitió contextualizar la introducción de innovaciones en los sistemas constructivos, que involucran componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos, durante el período comprendido entre 1906 y 1930 en Chile. Con ello, se plantean tres ejes fundamentales. En primer lugar, el terremoto de 1906

en la ciudad del Valparaíso y sus efectos arquitectónicos-constructivos, en segundo lugar, los antecedentes de la materia prima del hormigón armado; el cemento, el hierro y acero y, por último, la introducción de estos materiales en la arquitectura y la construcción en Valparaíso.

Terremoto de 1906 de Valparaíso y sus efectos arquitectónicos y constructivos: Se basó en fuentes secundarias que abordan la temática. En primer lugar, se tomaron tres discusiones técnicas de la época, en donde se considera al concreto armado dentro de sus consideraciones. La primera es el informe de obras públicas escrito por Carlos Koning, el segundo es el artículo de Hormidas Henríquez para el diario “La Unión” en 1906 y el tercero es un artículo de Juan E. Cerda en 1906 para la revista de los Anales de los ingenieros de Chile. Junto a esto, se incluye en este análisis las conclusiones extraídas de la investigación de A. Karina San Cristóbal respectivos a las causas de los efectos del terremoto de 1906 en la arquitectura y la construcción de Valparaíso (2023).

Sobre la industrialización y las materias primas del hormigón armado: Este capítulo examinó la industria en general, centrándose en la importación de acero y cemento a nivel nacional e internacional. Se apoyó en fuentes contemporáneas, como los libros "Mercaderes, empresarios y capitalistas" (2009) de Gabriel Salazar, el trabajo de Baldomero Estrada sobre "Valparaíso: metrópoli financiera del boom del salitre" (1987), entre otros. Además, se incluyeron dos estudios de fuentes primarias de la época: un análisis de ESVAL de 1931 sobre las importaciones de acero y dos artículos de la revista estadounidense "Cement Age" de 1912 sobre las principales naciones importadoras de material siderúrgico en Valparaíso. Estos estudios se complementaron con una investigación contemporánea sobre la industria del cemento en América Latina, "En los orígenes del ISI: la industria del cemento en América Latina, 1900-30" de Xavier Tafunell.

Introducción de los materiales siderúrgicos, cemento y hormigón armado a la arquitectura en Chile y Valparaíso: En este capítulo, se examinó la aplicación de materiales siderúrgicos con base en investigaciones sobre la introducción de estructuras metálicas en Valparaíso tras el terremoto de 1906. También se analizó la utilización del cemento en la construcción, explorando fuentes como la revista "Anales de los Ingenieros de Chile" y el trabajo de Rodrigo Booth acerca de la introducción del hormigón armado en Chile titulado "Ci-

mentando el centenario: el hormigón en tres edificios de Santiago de Chile a comienzos del siglo XX" (2021). Además, se incorporaron al capítulos los datos extraídos de las patentes de invención analizadas en esta investigación, diarios de la época y revistas técnicas como la revista de arquitectura y arte decorativo de 1930, así como también la revista de los "Anales de los Ingenieros de Chile" estudiada entre los años 1906 y 1930.

ESTUDIO PATENTE

Con el objetivo de exponer la diversidad de sistemas constructivos patentados en Chile con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos entre 1906 y 1930 y examinar las aportaciones técnicas y constructivas de las primeras patentes en este ámbito, se llevó a cabo un estudio de las patentes de invención depositadas en Chile entre 1906 y 1930. Estas patentes fueron analizadas a partir del archivo histórico del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI), accesible a través de su buscador histórico en línea que abarca el período comprendido entre 1840 y 2008 y del archivo del Instituto Nacional de Propiedad Industrial.

La bibliografía del estudio de patentes toma como referencia central la tesis "La introducción del hormigón armado en España: razón constructiva de su evolución" de Francisco Domouso del Alba, publicada en 2015. Esta tesis considera las patentes como el eje central de la investigación y realiza un análisis constructivo detallado de cada una de ellas. En este estudio, se contrastó la información con dicha tesis para comprender mejor la aplicación de herramientas, materiales y sistemas similares a los casos patentados en Chile. No obstante, a diferencia de la situación en España, la disponibilidad de patentes en Chile, y específicamente en Valparaíso, es limitada. Por lo tanto, el análisis de patentes se complementó con el estudio de la aplicación de estas en las edificaciones construidas en Valparaíso entre 1906 y 1930.

A continuación se expondrán los criterios de selección establecidos para el estudio de patentes:

Primer criterio de selección
El primer criterio de selección al revisar la totalidad de patentes inscritas en Chile entre los años 1906 y 1930 fue que estas patentes estuvieran relacionadas con la construcción y sus procedimientos. Se revisó una totalidad de 4.352 patentes entre 1906 y 1930, de las cuales se han seleccionado 136 patentes que pertenecen a la categoría descrita como "relacionada con procedimientos y elementos de la construcción a modo general".

Segundo criterio de selección

De estas 136 patentes, se realizó un filtro para encontrar aquellas referentes al hormigón armado. Se pueden categorizar en los siguientes parámetros:

- Máquinas o procedimientos que involucren al acero, fierro, cemento o hormigón (concreto) de manera independiente.
- Sistema constructivo que se presente similitudes morfológicas con el hormigón armado, pero que utilicen otra materialidad que no sea cemento y acero o fierro.
- Máquina o procedimiento que facilite la construcción de sistemas de hormigón, cemento o concreto armado.
- Nuevos procedimientos o sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos.

Tercer criterio de selección

Con este segundo filtro, se trabajó con el último criterio de selección relacionado con "Nuevos procedimientos o sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos". A partir de este criterio, se seleccionaron 12 patentes, de las cuales 4 son patentes extranjeras, es decir, que se han patentado en otro país antes de haberlas registrado en Chile, 7 son invenciones desarrolladas en el país y, en el caso particular de 1 patente, no se pudieron obtener antecedentes.

Con lo anterior, a través de fichas con formato único se han expuesto los siguientes aportes técnicos y constructivos de cada uno de estos documentos:

- Antecedentes (año, autor, país, aportaciones de los inventores).
- Materiales empleados.
- Aplicación estructural
- Morfología del sistema.
- Proceso de fabricación y/o constructivo.

ESTUDIO DE CASOS

Con el objetivo de determinar la aplicación de las patentes de invención de sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en Chile y Valparaíso, se llevaron a cabo estudios de casos edificaciones construidas en Chile y en Valparaíso entre 1906 y 1930, en las cuales se hayan aplicado las mencionadas patentes de invención analizadas anteriormente. La selección de estos casos se basó en una contrastación de fuentes, en donde se emplearon las especificaciones técnicas y planimetrías de cada proyecto, obtenidas del Archivo Histórico Patrimonial de Valparaíso, además de in-

formación encontrada en línea acerca de los sistemas patentados.

Criterios de selección de casos

- Proyectado y/o construido en Chile y específicamente en Valparaíso.
- Proyectado y/o construido entre 1906 y 1930.
- Proyectado y/o construido en base a patentes de invención de sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos patentadas en Chile entre 1906 y 1930.

Metodología de contrastación de fuentes
La metodología de contrastación de fuentes consiste en vincular el caso de estudio con una fuente que justifique la vinculación del edificio con un sistema de hormigón armado patentado y presentados en el estudio de casos.

En los casos de estudio de edificaciones de Valparaíso, se obtuvo su información a partir de las especificaciones técnicas de las edificaciones del Archivo Patrimonial Histórico de la Municipalidad de Valparaíso. Este documento comenzó a exigirse desde la municipalidad de Valparaíso luego del terremoto de 1906 (Maino Ansaldo, Correa, & Gil, 2022) y en este se describen los procedimientos constructivos proyectados para la obra correspondiente.

Otra fuente son las patentes de invención inscritas en Chile entre los años 1906 y 1930, estas fueron obtenidas a partir del Buscador Histórico en línea del Instituto de propiedad industrial de Chile. Este documentó permitió vincular a los inventores de las patentes con los autores de las edificaciones a partir de las especificaciones técnicas del Archivo Histórico de la Municipalidad de Valparaíso.

Criterios a analizar del caso de estudio

Descripción histórica: Se recopilaron los antecedentes históricos del caso, tales como el año de la inscripción de proyecto, arquitecto asociado, ubicación, programa, normativa aplicada,mandante y modificaciones que se hayan efectuado al estado actual de la obra. Esta información fue recopilada desde el Archivo Histórico de la Municipalidad de Valparaíso y también, a través de un análisis actual de observación en terreno.

Análisis arquitectónico programático: En base a la planimetría disponible, se han reconstruido los casos de estudio, exponiendo y analizando los siguientes aspectos:

- Morfología arquitectónica y la relación con la normativa aplicada al caso.
- Composición en planta (subdivisiones internas y composición programática).

Estudio constructivo y estructural: En este análisis, se emplearon las Especificaciones Técnicas asociadas al proyecto arquitectónico obtenidas del Archivo Histórico de la Municipalidad de Valparaíso. Además, se consideró el análisis de las patentes de invención relacionadas, la planimetría recopilada desde el Archivo Histórico de la Municipalidad de Valparaíso, y a través de la observación del caso en su estado actual a través de la visita a obra y del examen de fotografías. Este conjunto de información permitió un análisis detallado de la aplicación del sistema constructivo patentado aplicado en el caso de estudio.

Con ello, en esta sección se buscó analizar los siguientes puntos:

- El análisis contextual y normativo que permitieron caracterizar el proyecto de edificación.
- El sistema constructivo patentado y su aplicación a la construcción estudiada, evidenciando si existen modificaciones en cuanto a lo planteado en la patente.
- La utilización de otros sistemas constructivos en combinación con el sistema patentado.

FUENTES

FUENTES PRIMARIAS

- Patentes de privilegio o patentes de invención otorgadas en Chile 1906-1930 (Archivo Histórico en línea de INAPI e información bibliográfica encontrada acerca de cada caso)
- Patentes extranjeras (Archivo de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) y publicaciones periódicas de difusión para la comercialización de la patente)
- Planimetría de edificación seleccionada de Valparaíso (Archivo Histórico patrimonial de Valparaíso 1925 y 1926).
- Especificaciones técnicas de edificación seleccionada de Valparaíso (Archivo Histórico patrimonial de Valparaíso 1925 y 1926).
- Diario “La Unión”, 1885-1918

FUENTES SECUNDARIAS

- Revista “Concreto” 1918-1925 (Archivo de la Biblioteca Nacional de Chile)
- Revista “Anales del Instituto de Ingenieros de Chile” (Archivo en línea de las revistas académicas de la Universidad de Chile)
- Tesis y artículos acerca del hormigón armado en Chile.
- Libros acerca de la historia del hormigón armado.

DELIMITACIÓN TEMPORAL

El periodo de investigación se inicia con el terremoto de 1906 en Valparaíso, Chile. Este evento marcó una oportunidad para la transformación de la ciudad, dando inicio a la innovación, introducción y aplicación de nuevos sistemas constructivos destinados a mitigar los efectos de sismos e incendios. Entre las soluciones propuestas en esa época, se destacan el acero y el hormigón armado (Maino Ansaldo, Correa, & Gil, Innovaciones en la construcción en Valparaíso después del terremoto de 1906, 2022).

La investigación abarca hasta 1930, año en que se publica la primera ordenanza sobre construcciones y urbanización en Chile. Esta ley fue desarrollada entre los años 1929 y 1936 y fue titulada "Ley y Ordenanza General sobre Construcciones y Urbanización". En este texto, las edificaciones "construidas totalmente de hormigón armado o de esqueleto rígido de acero con paredes y suelos de hormigón armado" fueron categorizadas como "clase A", posicionando este material como una solución constructiva y estructural para resistir los efectos de sismos e incendios.

ESTADO DEL ARTE

La investigación se basa en los resultados del proyecto Fondecyt en el que está inscrito. Uno de los trabajos relacionados es el artículo titulado "Iron Cages: Technical Discussions after the 1906 Valparaíso Earthquake and Reconstruction with New Techniques and Materials" (Jaulas de hierro, discusiones técnicas tras el terremoto de Valparaíso de 1906 y la reconstrucción con nuevas técnicas y materiales) de Sandro Maino A, Katherine Cabezas y Marion Koch, publicado en 2020. Este artículo aborda el uso de nuevos sistemas constructivos de estructura metálica tras el terremoto de 1906 en Valparaíso. Bajo el mismo contexto, otro antecedente es la tesis titulada "Arquitectura, estructuras y sistemas constructivos utilizados antes del Terremoto de 1906 en Valparaíso" de la autora Anita Karina San Cristóbal Bustío. Esta tesis analiza casos de estudio con el objetivo de reconocer y evaluar las formas arquitectónicas, los sistemas constructivos y los sistemas estructurales afectados por la catástrofe lo que sirvió para contextualzar el trabajo en el capítulo de antecedentes.

El análisis histórico de la investigación se apoya en fuentes secundarias que ofrecen interpretaciones directas relacionadas con los antecedentes que llevaron a la aparición del hormigón armado. El artículo de Hormidas Henríquez, "El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo," publicado en el Diario La Unión en diciembre de 1906, este artículo proporcionó los conceptos conocidos de ingeniería sísmica hasta la época y, además, menciona el hormigón armado como una posible solución constructiva para mitigar los efectos de los sismos (Maino Ansaldo, Correa, & Gil, Innovaciones en la construcción en Valparaíso después del terremoto de 1906, 2022). Sumado a esto, las revistas "Anales del Instituto de Ingenieros de Chile" (1888-1956) y "Concreto" (1918-1925) son fuentes valiosas que exponen prácticas constructivas emergentes y abordan la técnica constructiva del hormigón armado en Valparaíso. La primera ofrece aportes técnicos, científicos e informativos sobre la evolución de la industria constructiva en Chile, mientras que la segunda se centra en la técnica constructiva del hormigón armado, referenciando casos emblemáticos de la ciudad.

Por otro lado, se tomó de referencia el trabajo de investigación de Rodrigo Booth publicado en el año 2021 titulado “Cimentando el centenario: el hormigón en tres edificios de Santiago de Chile a comienzos del siglo XX”, en este artículo se aborda la introducción del hormigón armado en Chile a través de tres edificios públicos de la ciudad de Santiago de Chile, además de los aportes científico y técnicos del hormigón armado a la industria de la construcción en Chile.

Para el estudio de patentes, la tesis de Francisco José Domouso de Alba titulado "La introducción del hormigón armado en España: razón constructiva de su evolución," evalúa el aporte técnico de las patentes de invención y su impacto en la evolución del hormigón armado en España entre 1884 y 1906 a través de una metodología de estadística. Pese a que se toma referencia de esta publicación, en el caso de Chile no existió un gran número de patentes inscritas entre 1906 y 1929, por lo cúal la investigación se abordó mediante las patentes de invención disponibles y el estudio de casos de edificaciones de Valparaíso construidas en hormigón armado entre 1906 y 1929.

Siguiendo la misma línea de la historia del hormigón armado en otros contextos, se estudió el libro titulado "Concreto armado. modernidad y arquitectura en México. El sistema Hennebique 1901-1914" de Mónica Silva Contreras, esta publicación sirvió de referencia para guiar el análisis de casos y la estructura general de la investigación.

Otro trabajo relacionado con los objetivos de esta investigación es el de Renato D'Alençon, Carmen Gómez y Camila Salinas, titulado "La Mecanización Toma el Mando: Innovación Técnica y Construcción en Altura en Chile 1918-1939". Tuve la oportunidad de asistir a la presentación de sus resultados en 2022. En este trabajo, se investigaron casos de edificaciones en Santiago y Valparaíso desde la perspectiva de la innovación técnica, constructiva y estructural, lo que permitió comparar la situación de innovación en el caso de la ciudad de Santiago y Valparaíso.



CAPÍTULO I antecedentes

Este capítulo trató acerca de los antecedentes históricos de investigación, y se aborda en tres ejes fundamentales. En primer lugar, se examinó el terremoto de 1906 en Valparaíso y sus efectos en la arquitectura y construcción empleando fuentes secundarias como los informes de obras públicas, artículos de la época, así como conclusiones de investigaciones contemporáneas sobre las causas de los efectos del terremoto.

En segundo lugar, se abordó la materia prima del hormigón armado, centrándose en la industrialización y las importaciones de acero y cemento a nivel nacional. Se respalda con fuentes contemporáneas y princiaplmente, estudios de la época, como análisis de importaciones de acero y artículos de la revista "Cement Age" y el informe de 1931 de la compañía ESVAL (Compañía Electro-Siderúrgica e Industrial de Valdivia).

Finalmente, se analiza la introducción de materiales siderúrgicos, cemento y hormigón armado en la arquitectura en Chile y Valparaíso. Se examina la aplicación de estructuras metálicas y el uso del cemento en la construcción, respaldado por fuentes como la revista "Anales de los Ingenieros de Chile" y trabajos contemporáneos sobre la introducción del hormigón armado en Chile. También se aportan datos extraídos de patentes de invención, diarios de la época y revistas técnicas.

◄ **Fig 2**: Dirección General de Obras Púbicas, 1909-1910. Puente Quillota sobre el estero Marga Marga, Viña del mar, 1908.

EL TERREMOTO Y LOS INCENDIOS EN VALPARAÍSO A FINES DEL SIGLO XX

El 16 de agosto de 1906, ocurrió un terremoto de magnitud 8,0-8,2 (Mw) en el puerto principal de Chile, Valparaíso (Carvajal, Matías, Marcos Cisternas, Alejandra Gubler, Patricio Catalán, Patricio Winckler y Rob Wesson, 2017.). Además del suceso sísmico, hubo marejadas, réplicas e incendios que destruyeron cerca de un 80% de la ciudad. La zona más afectada de la ciudad puerto fue la del barrio del Almendral, en donde se ubicaban los edificios de mayor envergadura de la ciudad (San Cristobal, 2022). El terremoto dio pie a desarrollar un nuevo planeamiento urbano, marcado por las ideas de higienización y modernización de la ciudad, además de la oportunidad de aplicar un nuevo lenguaje arquitectónico a las edificaciones y un replanteamiento de los métodos constructivos que se emplearon hasta la época. (Pérez Oyarzun, 2017).

La mayoría de las edificaciones del barrio El Almendral fueron destruidas por el terremoto y posterior incendio. Según el estudio hecho por San Cristóbal (2023), a raíz de la catástrofe sísmica, hubo 41 manzanas completamente destruidas, siendo este barrio el más afectado. Lo anterior es relevante debido a que estas edificaciones eran aquellas con un mayor presupuesto y por ende, idóneas para resistir los efectos de sismos e incendios, según los conocimientos de la época. Con lo anterior, para reproducir el panorama constructivo de la época, es preciso mencionar el rol que tenía el sistema constructivo de albañilería hasta el que ocurre el terremoto de 1906 en Valparaíso:

Debates técnicos de la época

Entre los debates técnicos de la época es relevante mencionar el informe de obras públicas escrito por Carlos Koning, en ese entonces Director de Obras Púbicas. En este se le otorgó responsabilidad a la manera en que se ejecutaron los procedimientos constructivos en albañilería, en vez de realizar un cuestionamiento acerca del comportamiento estructural que tuvo este sistema constructivo en el terremoto y posterior incendio de 1906. Koning argumentó que muchas de las edificaciones en pie estaban construídas en albañilería, tales como el instituto comercial, el Banco de Santiago, el edificio Edwards, entre otras. Sin embargo, en el mismo informe, se reconoce una falta de cohesión entre las partes estructurales de las construcciones de albañilería, y se propone como posible solución constructiva el sistema de albañilería en combinación de una armadura metálica interna, y por otro lado, se propuso el empleo de concreto armado, dando a entender que ya existía un conocimiento de la efectividad estructural de este sistema.

Este conocimiento pudo haber surgido a raíz de que, en 1906, cuatro meses antes del terremoto de Valparaíso, ocurrió el terremoto de San Francisco en Estados Unidos. A raíz de este acontecimiento se pudieron extraer distintas conclusiones con respecto a la efectividad de los sistemas constructivos reforzados con armaduras de acero. Muestra de aquello es el artículo publicado por la revista de los Anales del instituto de Ingenieros de Chile, escrito por Juan E. Cerda en 1906, antes del terremoto de Valparaíso. En este artículo se analizó las lecciones dejadas por el terremoto de San Francisco con el objetivo de poder replantear la construcción en nuestro país. En primer lugar, se cuestiona la efectividad de la construcción con ladrillos, argumentando su nula efectividad sísmica a raíz del terremoto en Estados Unidos. En segundo lugar, posiciona a los edificios construidos con armazón metálico como aquellos que han resistido mejor al sismo. Y, por último, que a consecuencia del terremoto se originó un incendio de gran magnitud debido a las fallas de canalizaciones eléctricas, de gas y a la interrupción de los servicios de agua, lo que generó aún más destrozos. Del texto se extraen dos conclusiones, en primer lugar, la necesidad de búsqueda de soluciones constructivas que permitan a la edificación actuar como una unidad monolítica para evitar su colapso repentino ante sismos y, en segundo lugar, poner la atención sobre la capacidad de resistencia al fuego que deben tener las estructuras en Chile. En conclusión, se menciona que:

"(...) el único material actual que permite obtener una solidez a toda prueba y una resistencia invulnerable contra el fuego es el concreto armado". (Cerda, 1906)

En la misma línea, a raíz del terremoto de Valparaíso en 1906, el ingeniero Hormidas Henríquez en el mismo año, publicó un artículo en el Diario "La Unión", planteando que la problemática estructural de los edificios viene dada por el mal comportamiento del sistema constructivo predominante de la época: la albañilería. Henríquez refuta que la ejecución de obras de albañilería haya sido un factor fundamental en su mal comportamiento frente al sismo, ejemplificándolo con el caso del Teatro de la Victoria, en el cual se pueden ver los grandes bloques de albañilería bien adheridas (Fig.1). Henríquez concluye su artículo mencionando la necesidad de abandonar el sistema de construcción en albañilería y considerar "la época exclusiva de concreto armado" (Henríquez, 1906). Este artículo tuvo una extensa difusión en los medios de comunicación locales, incluso llegando a ser publicado en dos revistas de construcción españolas en el año 1907.

El análisis de las publicaciones técnicas de la época revela una preocupación por la construcción de edificaciones asísmicas e incombustibles, incluso antes del terremoto de 1906. Según San Cristóbal (2023), diversas soluciones constructivas ya estaban en empleo antes del evento sísmico. Entre estas soluciones se incluían la implementación de muros cortafuegos entre edificaciones contiguas, medidas de protección contra incendios para puertas y ventanas, y la prohibición de elementos ornamentales que pudieran ser pesados y propensos a desprenderse en caso de sismos.

En cuanto al terremoto, San Cristóbal señala que varios factores contribuyeron al colapso de las edificaciones, como la calidad deficiente del suelo de fundación, la altura excesiva de las construcciones, la elección de materiales, la falta de amarras y trabazón entre los muros, la caída de elementos ornamentales pesados, la mala construcción de las techumbres, las aberturas de arcos y bóvedas, así como la baja calidad de los materiales y la ejecución de las obras.

En relación con la materialidad utilizada, destaca que la albañilería se empleaba en zonas con suelo de relleno, y las construcciones de albañilería, en su mayoría, utilizaban este material en sus fachadas perimetrales, pero no en la estructura interior, generando una falta de cohesión en el conjunto estructural de la edificación.

A pesar de los efectos devastadores del terremoto, este evento sirvió como catalizador para acelerar la búsqueda de nuevas soluciones materiales que permitieran a las edificaciones resistir los efectos tanto de los sismos como de los incendios. Las lecciones aprendidas por técnicos, constructores, arquitectos e ingenieros de la época durante y después del terremoto destacan, para efectos de esta investigación, la necesidad de implementar refuerzos metálicos internos en las edificaciones, la importancia de buscar soluciones constructivas que faciliten la cohesión e integración de las distintas partes que conforman una edificación, y replantear la materialidad con la cual se construían las edificaciones, impulsando a los profesionales de la construcción a considerar nuevos enfoques y tecnologías que proporcionaran mayor resistencia y estabilidad estructural.



Fig. 3 Teatro la victoria luego del terremoto de 1906. Se pueden observar los bloques de albañilería adheridos entre sí, mencionado por Hormidas Henríquez en su artículo “El terremoto bajo su aspecto constructivo”. Además según el trabajo de San Cristóbal, se puede distinguir que el muro de albañilería constituía un muro perimetral del teatro, mientras que al interior se ven restos de una estructura de tabiquería de madera.

LA INDUSTRIALIZACIÓN Y LOS MATERIALES DE LA CONSTRUCCIÓN

Para abordar la introducción del hormigón armado en Chile y Valparaíso, es preciso considerar la introducción de los dos materiales que componen el sistema constructivo: el cemento y el acero. Estos materiales tienen una larga historia de uso en la construcción, que se remonta a la antigüedad. Sin embargo, su difusión y uso extendido en la construcción se debe en gran medida a la innovación en la producción industrializada y en las mejoras de la calidad de ambos materiales, particularmente a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX. (Silva Contreras, 2016)

A finales de siglo XIX, previo a la Guerra del Pacífico, Valparaíso constituía un factor clave en la economía del país. Su ubicación geográfica lo posicionaba, junto a El Callao (Perú) como los puertos principales de la ruta comercial de la costa oeste, que incluyen a los países de: Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Chile. (Couyoumdjian, 2000) La capacidad portuaria de Valparaíso le permitió abastecer a la industria salitrera de Tarapacá y su comercio de cabotaje, comercialización del salitre y con ello, las operaciones bancarias que tenían su sede en la ciudad. Al término de la guerra del pacífico, Chile anexa los territorios salitreros y con ello, comienza el alto desarrollo económico y el comienzo del proceso de industrialización de Valparaíso a finales del siglo XIX.

La participación de los inmigrantes extranjeros en Valparaíso fue un factor clave en este proceso, principalmente aquellos provenientes de Europa. Antes de la Guerra del Pacífico, su contribución se hizo evidente a través del aporte de "mecánicos y artesanos" extranjeros, como menciona Gabriel Salazar (2009), quienes, con sus conocimientos e inventos, intentaron introducir la industria en Chile. Sin embargo, debido a la fuerte política portaliana y su economía ligada a la importación de productos, estos esfuerzos se vieron limitados.

Su impulso hacia la industrialización se manifestó con la introducción de la industria extranjera entre 1885-1914 (Salazar, 2009). Para el año 1885, de las 91 industrias más destacadas en Valparaíso, sólo 15 eran propiedad de chilenos mientras que el resto pertenecían a extranjeros. Además, 90% de los trabajadores eran extranjeros y ocupaban los cargos más altos en la estructura organizativa de la industria. (Baldomero Estrada, 1987)

Una contribución significativa se originó a partir de las casas comerciales, que comenzaron a operar en Valparaíso entre 1820 y 1914. Las filiales eran entidades autónomas de empresas europeas, en su mayoría inglesas, norteamericanas y alemanas, y estaban representadas por comerciantes establecidos en Valparaíso, que, a su vez, representaban a múltiples empresas, lo que les permitía ofrecer una amplia variedad de productos. (Couyoumdjian, 2000).

Casa comercial	Sucursal de Europa	Año
Williamson, Balfour & Cía	Inglaterra	1852
Duncan, Fox & Cía	Inglaterra	1851
Gibbs & Cía.	Inglaterra	1826
Huth y Cía	Alemania	1824
Graham Rowe & Co	Alemania	1842
Vorwerk y Cía.	Alemania	1846
Weber & Cía.	Alemania	1850
Gildemeister	Alemania	1912
Saavedra Benard y Cía.	Alemania	1914
Grace y Wessel Duval & Cía.	Estados Unidos	1880
Hemenway, Beéche & Co.	Estados Unidos	1820

Fig. 4 Primeras y principales casas comerciales que operaron en Valparaíso a partir de 1820 (Couyoumdjian, 2000)restos de una estructura de tabiquería de madera.

En el periodo posterior a 1885, con la presencia de las casas comerciales se abrió paso en la industria nacional a la incorporación de maquinarias provenientes del extranjero, generando la modernización de la industria. (Salazar, 2009).

La importancia de las casas comerciales en Valparaíso se evidencia en la calidad de sus establecimientos industriales, los cuales superan con creces a los de la capital. Como menciona Baldomero Estrada en su libro, para el año 1878 el 53% de las industrias más modernas se encuentran en la ciudad puerto, considerándose ser el centro industrial del país. Pese a esto, la ciudad pierde su ritmo evolutivo y para el año 1910 solamente concentra el 10% de la industria nacional. (Baldomero Estrada, 1987). Esto lo explica Gabriel Salazar como una "coyuntura estratégica de la economía chilena ".

Industria siderúrgica en Chile

A causa de la guerra del Pacífico, se produjo un notable incremento en la importación de hierro y acero en Chile. Según Abraham Paulsen (2012), este aumento pasó de 8.000 a 15.000 toneladas anuales entre 1875 y 1886. Este fenómeno se vio impulsado no sólo por las necesidades generadas por el conflicto bélico, sino también por el proceso de industrialización que resultó por el auge económico que significó la anexión de las provincias salitreras de Tarapacá.

La industrialización motivó a la realización de numerosos proyectos de obras públicas a cargo del Estado. Entre ellos, destaca el edificio de la Estación Central, construido en 1897, el cual se erigió con una estructura metálica, encargada y construida en Francia por la empresa "Schneider Co. Creusot" (Basáez Yau & Amadori Gundelach, 1995).

Los primeros 65 años de uso del material fue a partir de importaciones extranjeras de acero y hierro, principalmente desde Bélgica, Alemania, Estados Unidos e Inglaterra (Navarrete, 1931). La dependencia de la importación generó la necesidad de establecer una industria siderúrgica nacional. La Sociedad de Fomento Fabril cumplió un importante rol, sien-

do su principal promotor. En 1888 esta sociedad solicitó el apoyo del Estado para llevar a cabo los estudios de factibilidad, el cual sería expuesto en la exposición mundial de París de 1889 con el objetivo de atraer a los inversionistas europeos. Sin embargo, estos estudios no convencieron a los inversionistas extranjeros debido a las debilidades que presentaba la industria en nuestro país. Según Augusto Millán "el carbón sería el talón de Aquiles del proyecto siderúrgico". (Millán Urzúa, 1999)

La industria siderúrgica "Los Altos Hornos del Corral" comienza a operar en 1908 con la asesoría de especialistas franceses, belgas y alemanes. Sin embargo, su funcionamiento se vio interrumpido luego de 480 días debido al costo que significó el proceso de extracción de combustible, lo que llevó a su paralización en el año 1911. Para compensar la pérdida de inversión, se arrienda el yacimiento de hierro "El Tofo" a compañías norteamericanas cuyo objetivo era extraer el material para exportarlo a Estados Unidos. (Rodríguez Gómez & Echenique Celis, 1990).

La dependencia a la importación de este producto se evidenció durante la primera guerra mundial y debido a este conflicto Chile se vio desabastecido de acero y hierro. A consecuencia de esto, surgieron establecimientos de laminación en Santiago, como la "Compañía siderúrgica Lamifún" en 1916 y la "Compañía electrometalúrgica Elecmetal" en 1917, entre otras. (Rodríguez Gómez & Echenique Celis, 1990)

En 1924 se formó la sociedad "Compañía Electrosiderúrgica e Industrial de Valdivia, ESVAL", la cual adquirió las instalaciones de Altos Hornos de Corral a los inversionistas franceses en 1926. Su proyecto consistió en la explotación de la industria siderúrgica, así como en la creación de una central hidroeléctrica que abasteciera a la industria electrosiderúrgica. Esta industria contó con el respaldo del estado chileno, que aportó el 80% de capital suscrito. En el año 1950, la administración de "Altos Hornos de Corral" pasó a manos de la "Compañía de Acero del Pacífico CAP." (Rodríguez Gómez & Echenique Celis, 1990)

Importación de acero y hierro entre 1906 - 1930

El estudio de mercado realizado por la empresa ESVAL en 1931 para la usina de Altos de Corral tiene como objetivo determinar el programa industrial de la "Compañía Electrosiderúrgica e industrial de Valdivia" (ESVAL). Uno de los datos a destacar de este informe es el gráfico (figura 6) que muestra la variedad de productos que se importaron al país

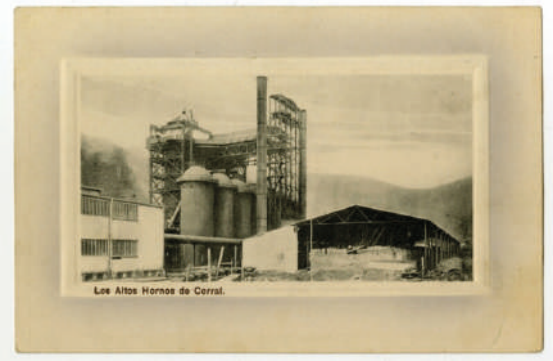


Fig. 5 Fotografía de 1912 de Los Altos Hornos de Corral mientras se encontraba en administración de la empresa norteamericana “Bethlehem Steel Corporation”. (Q., 1912)

entre 1906-1929. Para efectos de esta investigación, se enfoca de manera especial en la importación de barras y perfiles de acero y hierro debido a su estrecha relación con la construcción en hormigón armado. El gráfico (fig. 6, pag. 36 y 37) proporciona información sobre la dependencia del mercado mundial, ya que a partir de 1913 se observa un descenso continuo que se extiende hasta el año 1924. Este hecho indica que la Primera Guerra Mundial tuvo un un gran impacto en el mercado chileno del acero y el cemento y, por ende, en la industria de la construcción, en especial en la del hormigón armado. Según Navarrete (1931), durante la guerra, el principal proveedor de material siderúrgico fue Estados Unidos e Inglaterra, y en el periodo posterior, fueron Bélgica, Estados Unidos, Alemania e Inglaterra.

Algunas de las casas comercializadoras de productos siderúrgicos en Valparaíso entre 1904-1913

Una contribución significativa a la industrialización de Valparaíso se originó a partir de las casas comerciales que comenzaron a operar en la ciudad entre 1820 y 1914. Estas filiales eran entidades autónomas de empresas europeas, principalmente inglesas, norteamericanas y alemanas, representadas por comerciantes establecidos en Valparaíso. Estos comerciantes, a su vez, representaban a múltiples empresas, lo que les permitía ofrecer una amplia variedad de productos (Couyoumdjian, 2000).

Dentro de la diversidad de productos, se incluían los materiales de construcción, específicamente los materiales siderúrgicos. A continuación, se presentan los datos relativos a los productos siderúrgicos ofrecidos por algunas de las casas comerciales de Valparaíso entre 1904 y 1913, obtenidos a partir de la publicidad publicada en el diario "La Unión" de Valparaíso durante ese período.

Importación en toneladas de algunos productos siderúrgicos entre 1906-1930

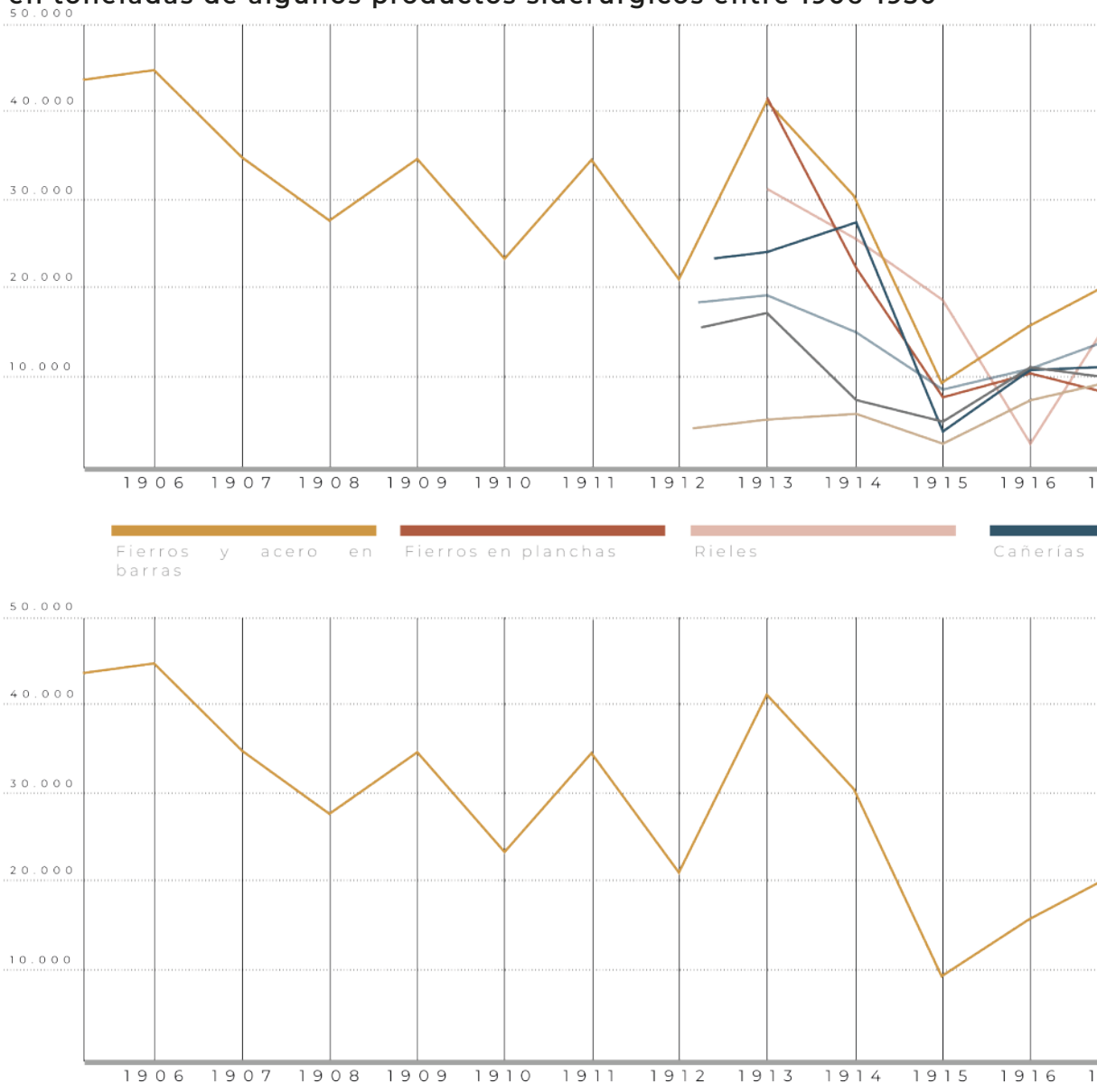
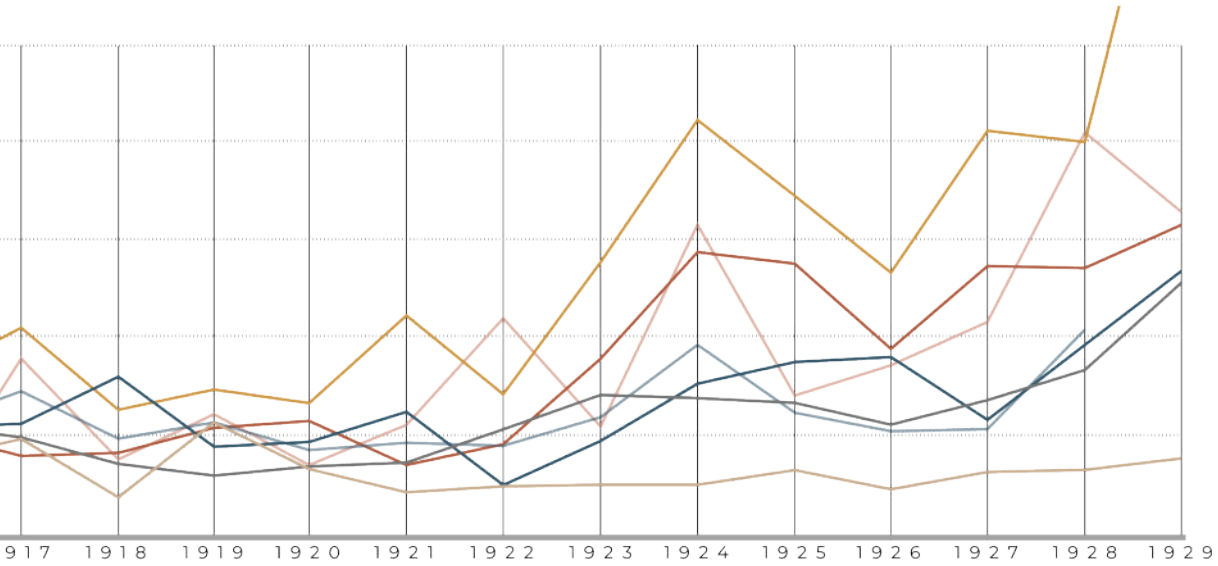


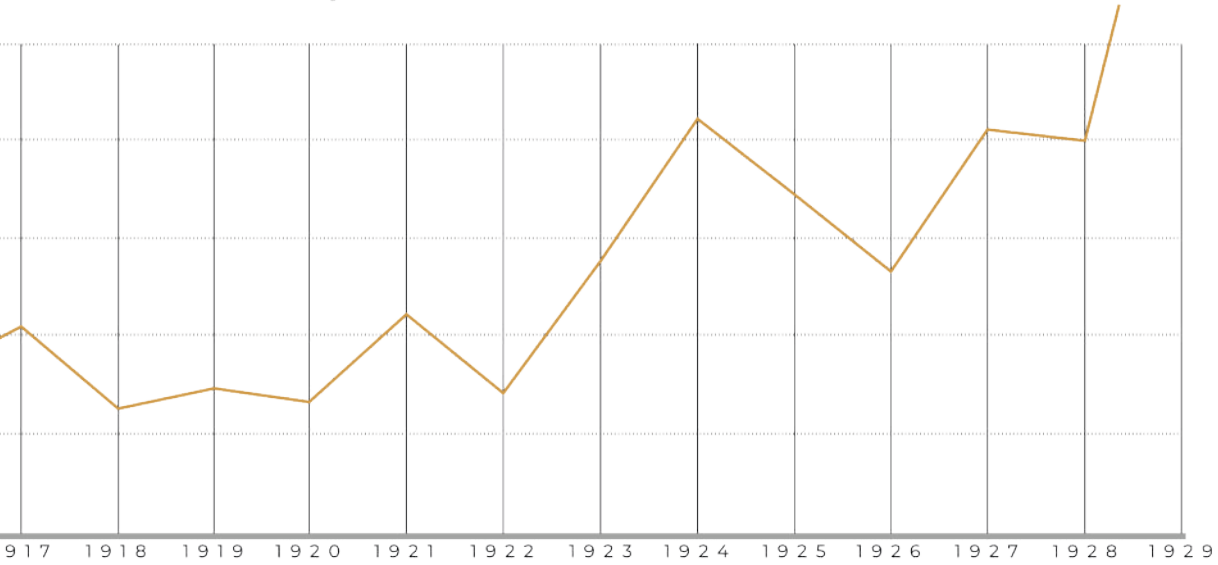
Fig. 6 Gráfico que muestra la cantidad en toneladas de productos siderúrgicos importados en Chile entre 1906-1929. La información forma parte del estudio sobre el mercado del fierro y acero para la usina de Corral de la empresa ESVAL. (Navarrete, 1931)



Pernos, clavos, eclisas, remaches y accesorios

Alambre de fierro y acero

Fierro en lingotes



Año publicidad	Nombre Casa Comercial	Productos que ofrece
1904	Grahan, Rowe y Co.	Fierro Galvanizado Ingles
1904	Hengstenberg & Co.	Fierro galvanizado inglés en barras
1904	Graham, Rowe y Ca.	fierro galzanizado acanalado (inglés) y fierro liso (inglés)
1905	Duncan, Fox y Ca.	fierro galvanizado para techos
1905	Morrison y Co.	La barraca de fierro y acero
1905	Morrison y Co.	vigas de acero, pilares y columnas, bases y chapiteles para edificios
1905	Morrison y Co.	vigas y pilares de acero
1906	Morrison & Co	Vigas, materiales de acero y fierro
1906	Miguel 2do Cariola y Cia	Hierro Galvanizado
1911	Saavedra Bérnard y Cía.	Fierro galvanizado inglés, metal desplegado y columnas de acero
1912	Balfour, Lyon & Co.	Vigas de acero, fierro en barras, Metal desplegado
1912	Williamson, Balfour & Co.	Fierro Galvanizado
1912	Wessel, Duval y Cia.	Acero en barras, alambre
1912	Gibbs & Co.	Alambre, Fierro, Cemento "vencedor"

Fig. 7 Anuncios publicados en el diario "La Unión" de Valparaíso por las casas comerciales sobre la venta de productos siderúrgicos.

Introducción del cemento

La introducción del cemento u hormigón, tal como lo conocemos en la actualidad, puede ser dividida en tres etapas relevantes: la utilización de cal, el cemento natural y el cemento Portland.

Desde la época colonial hasta fines del siglo XIX, en Chile se empleó cal como adhesivo para la unión de piedras o ladrillos. La cal, compuesta por carbonato de calcio, posee propiedades que otorgan solidez y resistencia. Esta cualidad se replicaba en las construcciones al unir dos elementos con la ayuda de la cal. Monge (1944). Su utilización se extendió desde obras hidráulicas hasta edificaciones aéreas.

A partir del siglo XIX, con la necesidad de producir un material que tuviese mayor durabilidad a lo largo del tiempo, ocurre la introducción del "cemento romano", patentado por el inglés James Parker en 1796. Esta innovación implicó un proceso de calcinación de la cal a temperaturas más elevadas. Una de las diferencias entre el cemento y la cal radica en la presencia definida de arcilla en la materia prima. Esta proporción de arcilla con respecto a la cal idealmente es entre 0,60 y 0,70. (Klein, 1893). En Chile, su introducción tuvo lugar a fines del siglo XIX y comienzos del XX, y su importación estaba en manos de Inglaterra y Esta

dos Unidos. Un ejemplo de su aplicación se dio en 1879, durante la construcción del muelle fiscal de Valparaíso en donde se utilizó una partida del material. (Booth, 2021) Sin embargo, debido a su alto costo, su utilización se limitó a edificaciones que contaban con mayores presupuestos para sus obras. A medida que se llevó a cabo investigaciones sobre las propiedades hidráulicas del cemento romano, se patentó en 1822 el "cemento inglés" por James Frost. Paralelamente, en 1818, el ingeniero estadounidense Canvaks White, que había estudiado el cemento romano de James Parker, patentó por primera vez en América un cemento natural (Monge, 1944)

El cemento "Portland" fue introducido por la patente del inglés Joseph Aspdin de 1824. Este cemento, a diferencia del natural, es el resultado de una mezcla artificial, de misma proporción, de piedra caliza, arenisca y arcilla por medio de su trituración y quema. (Monge, El cemento Portland, 1944, pág. 252) El cemento Portland no fue muy popular a finales del siglo XIX. Esto debido a los elevados costos de producción. No fue hasta la última década del diglo XIX que se inventó un horno rotatorio que hizo posible elevar la temperatura de los materiales usando como combustible el carbón o el aceite. Esta maquinaria fue perfeccionada por la compañía estadounidense "Atlas Portland Cement", en 1898. Esto generó un despegue en la industria del cemento "Portland" que eventualmente reemplazó al cemento natural o "romano" (Tafunell, 2007).

Industria del cemento en Chile

En Chile la introducción del cemento Portland tuvo lugar a fines del siglo XIX y comienzos del XX. Un ejemplo de su aplicación temprana se dio en 1879, durante la construcción del muelle fiscal de Valparaíso, mismo que se habría construído con cemento romano, en donde se utilizó una partida del material. (Booth, 2021) Sin embargo, según la revista "Cement Age" de 1908, debido a su alto costo, su utilización se limitó a construcciones civiles.

En 1895, al igual que en el caso del acero, existió un interés por parte del estado en la industria del cemento, a raíz de esto, se forma una comisión con el fin de evaluar el nuevo material para su futura producción en Chile (Booth, 2021). En este estudio se expuso las bases de la fabricación del cemento en Chile, demostrando la buena calidad de las rocas calizas y las arcillas chilenas, materia prima para la fabricación de cemento, además se planteó su beneficio económico ligado a la pureza del material (Santa María, 1895) Estas muestras fueron extraídas de la zona de La Calera, en donde en 1891 se estableció una fábrica de cemento denomina-

da “Compañía de Cementos naturales y Portland de La Calera”. Esta sería el primer precedente de la industria del cemento en Chile. (Booth, 2021)

A principios del siglo XX, los terremotos de Valparaíso y San Francisco en 1906 generaron un aumento en la demanda de cemento Portland, lo cual se vio beneficiado debido al buen desempeño del material en la ciudad norteamericana. Por lo mismo, a partir de 1906 se impulsa el estudio de los sistemas constructivos basados en dicho material, los cuales ya habían sido empleados en Estados Unidos y Europa (Moretti, 2022). En Valparaíso, junto con la reconstrucción de la ciudad, se proyectó la construcción del puerto de la ciudad, y dadas las circunstancias, se optó por utilizar cemento portland para su construcción. (Monge, El cemento Portland, 1944)

Bajo estas circunstancias, en el año 1906, los chilenos Rafael Ariztía, Juan Brown y José Cortés ven la oportunidad de establecer una industria de cemento Portland y cal en La Calera, una localidad ubicada a 67 kilómetros de Valparaíso. Se sumaba a la buena calidad de la piedra caliza, la comunicación de La Calera con el puerto de Valparaíso y la capital Santiago a través del ferrocarril. La fábrica comenzó a operar en el año 1908 y se mantuvo como la única fábrica de cemento Portland en el país hasta 1944. Durante el primer año de funcionamiento, representó aproximadamente el 16% del cemento utilizado en Chile, siendo las importaciones su único competidor, por lo que la Primera Guerra Mundial benefició las ventas del cemento Melón en Chile. (Venegas Valdebenito & Morales Barrientos, 2017)

Importaciones y producción nacional de cemento en Chile

En 1905, las importaciones de cemento ascendían a aproximadamente 42.000 toneladas, provenientes principalmente de Alemania (59%), Gran Bretaña (28%), Estados Unidos (4%) y Bélgica (3%), según la revista "Cement Age" de 1907. Tras el terremoto, la demanda de cemento experimentó un notable incremento. Para el año 1906, las importaciones anuales alcanzaron las 50.000 toneladas, con un 56% proveniente de Alemania, un 26% de Reino Unido y un 3% de Estados Unidos. Posteriormente, en 1908, las importaciones continuaron su aumento, llegando a las 80.000 toneladas. En este período, Alemania se consolidó como el principal proveedor con un 60%, seguido de Reino Unido con un 20%, y Estados Unidos con un 12%. En cuanto a la producción nacional, la primera producción de cemento Melón en 1909 fue de 15.335

toneladas, y al año siguiente, en 1910, aumentó a 26.638 toneladas. Además de la producción, el gobierno incentivó el uso de esta marca de cementos, empleándola en obras públicas. La capacidad de la industria nacional alcanzaba las 37.500 toneladas de cemento Portland al año, lo que resulto crucial para cubrir la baja en las importaciones durante el período de la Primera Guerra Mundial, en la cual el mercado se vio afectado debido a la dependencia a las importaciones y principalmente aquellas provenientes de Europa.

Algunas de las casas comercializadoras de cemento en Valparaíso entre 1904-1913

La siguiente tabla refiere a las marcas de cemento ofrecidos por algunas casas comerciales en Valparaíso entre 1904 y 1913, obtenidos a partir de la publicidad publicada en el diario "La Unión" de Valparaíso durante ese período.

Año publicidad	Nombre Casa Comercial	Productos que ofrece
1904	Saavedra, Bénard y Ca.	Cemento Portand
1904	Williamson, Balfour y Ca.	Cemento White Bros
1904	Saavedra, Bernard y C.a	Cemento Portland "Alsen"
1906	Gratry	Cemento Portland
1908	Americanos Gratry	Cemento Portland, Josson - Cannon Brand
1908	Williamson, Balfour y Ca	Cemento Portland, J. B. White & bros.
1908	Williamson, Balfour y Ca	Cemento Portland, J. B. White & bros.
1909	Wessel, Duval y Ca.	Anuncio cemento "Vulcanite"
1911	Saavedra Bérnard y Cía.	Cemento Portland "Alsen"
1912	Saavedra, Benard & Cia.	Cemento "Alsen"
1912	Williamson, Balfour & Co.	Cemento "J.B, White & Brothers"
1912	Besa & Co.	Cemento Portland "Ancla"
1913	Gildemeister & Co.	Cemento Portland "Saturn"
1913	Cemento "Melón"	Cemento "Melón"

Fig. 8 Anuncios publicados en el diario “La Unión” de Valparaíso por las casas comerciales sobre la venta de cementos.

Principales países de donde proviene el cemento importado por Chile, en toneladas en los años 1905, 1906 y 1908.

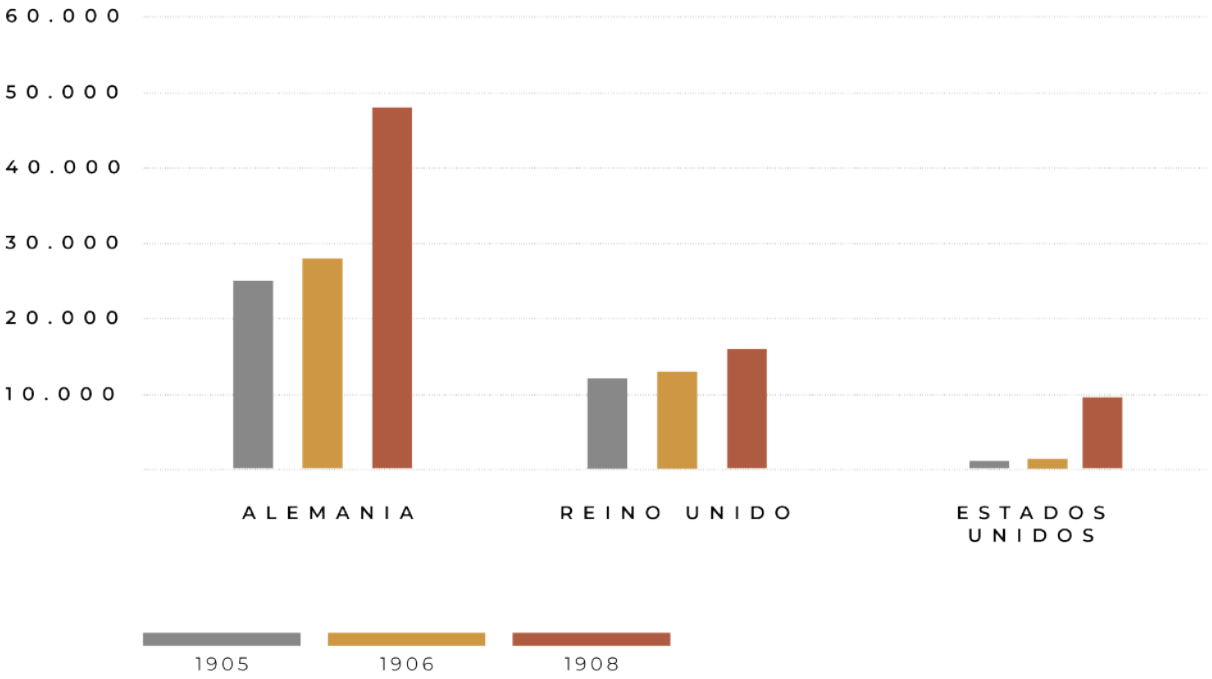


Fig. 9 Datos sobre los principales países importadores de cemento en Chile, en los años 1906 y 1908.

Importación y producción nacional de cemento Portland en Chile, entre el periodo de 1900 y 1929

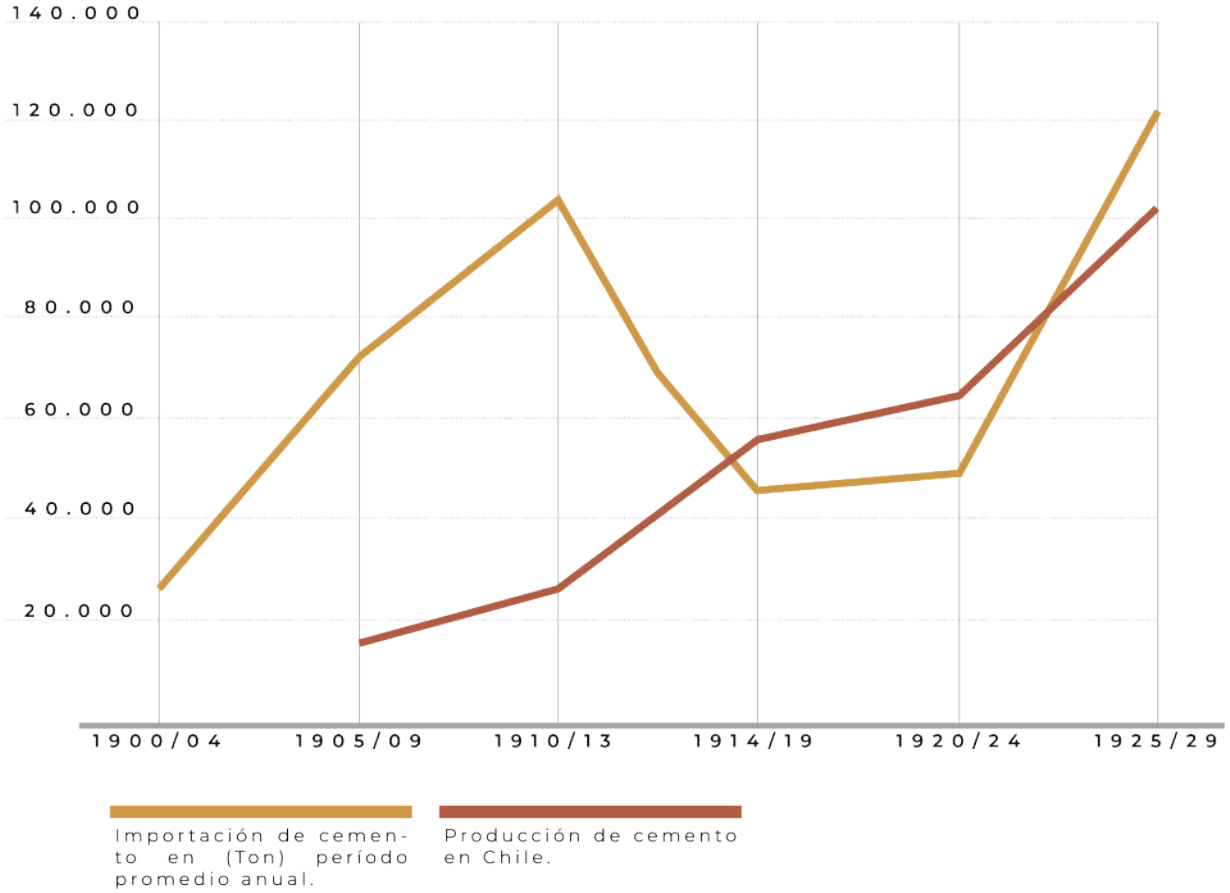


Fig. 10 Importación y producción de cemento en Chile entre 1900 y 1929.
(Tafunell, 2007)

INTRODUCCIÓN DEL ACERO, CEMENTO Y HORMIGÓN ARMADO EN LA ARQUITECTURA, LAS ESTRUCTURAS Y LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE Y VALPARAÍSO

Después de estudiar las condiciones para la introducción de materiales siderúrgicos y cemento en la industria chilena, es pertinente revisar su introducción a la edificación en Chile.

Estructuras metálicas en la edificación en Chile y Valparaíso

En cuanto a las estructuras metálicas, según Montserrat Palmer (1971), el primer edificio construído con este material fue el Mercado Central en 1868, diseñado por el arquitecto Fermín Vivaceta y construido con hierro importado desde Inglaterra. Dado que, como se detalló en el capítulo anterior, la falta de una industria nacional siderúrgica obligó a importar no solo el material en sí, sino también las piezas del proyecto ya listas para ensamblar. (Palmer, 1971)

La introducción del acero ocurre en 1865 luego que se implementara el procedimiento "Siemens-Martín" para su fabricación.

En Valparaíso, antes del terremoto de 1906, el acero y el hierro se utilizaban tanto en elementos aislados de la edificación, como columnas o vigas, como en el refuerzo de estructuras mediante el uso de pernos y placas. Después del terremoto, en la revista "Sucesos" de 1907, se publicó la construcción de un edificio en la ciudad que se describía como "Valparaíso del futuro". Diseñado por el arquitecto Antonio Lafoglia, el edificio, originalmente concebido en albañilería antes del terremoto, fue reemplazado en el zócalo por una combinación de albañilería "enjaulada en una estructura de hierro". Este edificio se convirtió en un símbolo de la transición de la construcción basada en sistemas tradicionales de masa hacia el uso de nuevos sistemas constructivos de estructura metálica. (Maino Ansaldo, Cabezas, & Koch, 2021)

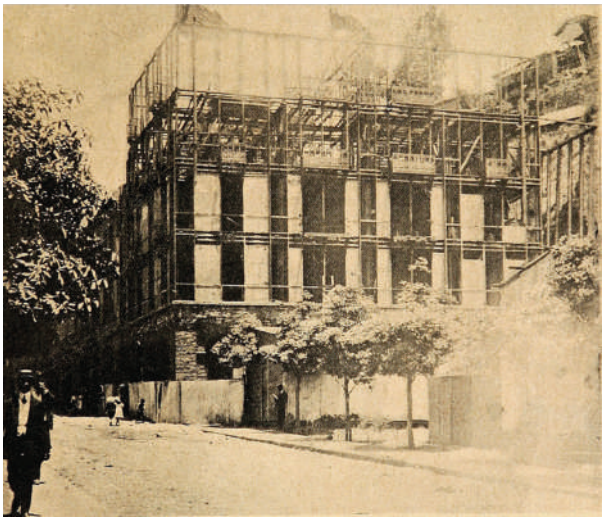


Fig. 11 Edificio en proceso de construcción en la que se puede observar la estructura de hierro. (Revista “Sucesos” del 3 de enero de 1907, n°226)



Fig. 12 Muelle fiscal de Valparaíso, un ejemplo de la aplicación temprana de cemento romano en la ciudad. (Allan, 1910)

Estructuras de hormigón en la edificación en Chile y Valparaíso

En relación con el empleo de hormigón en Chile, este se caracterizó por su introducción ligada a construcciones civiles. Rodrigo Booth (2021) destaca que en 1856 ya se registraba una temprana aplicación de morteros de cemento en la construcción de puentes ferroviarios sobre el río Maipo en Santiago. Además, durante la construcción del muelle fiscal de Valparaíso en 1879, se utilizó una partida de cemento romano y otra de cemento Portland. Hacia 1880, comenzó a llegar a Valparaíso la versión más moderna de cemento, conocida como "Portland", la cual fue empleada en la canalización del río Mapocho en Santiago.

A finales del siglo XIX, ya se difundían artículos sobre la preparación de hormigones y la construcción de puentes de concreto en masa, empleando cemento Portland. Específicamente, en un artículo publicado por la revista "Anales de los Ingenieros de Chile" en 1896 n°63, en la cual se señaló que la construcción de puentes con mampostería resultaba muy costosa en la época y que el sistema de albañilería "no daba garantías suficientes". Por ello, el empleo de concreto se imponía como una opción más favorable en esa época.

Introducción del hormigón armado en la edificación en Chile y Valparaíso

La divulgación de las ventajas del hormigón armado en Chile comenzó a principios del siglo XX, y parte de este impulso se atribuye a la influencia de la Exposición Universal de 1900 en París. En esa época, el hormigón armado no era un material conocido ni de uso rutinario, sino más bien un material en plena experimentación, con defensores y detractores y todavía quedaba mucho por conocer sobre su comportamiento, posibilidades y límites, según destaca Mónica Silva (2016). Las pruebas realizadas a los edificios presentados en la exposición desempeñaron un papel crucial en la introducción de este sistema en Chile. Un ejemplo de ello es un artículo publicado en noviembre de 1903 en la revista de los "Anales de Ingenieros de Chile", que abordó las garantías técnicas del sistema de concreto armado basándose en las pruebas de resistencia aplicadas a las edificaciones de la Exposición Universal. Este artículo constituyó la base para el primer estudio técnico oficial sobre el material en Francia y se difundió en Chile a través de la revista mencionada (Silva Contreras, 2016).

Un hecho que marcó la introducción del hormigón armado en Chile fue el desastre de la casa Prá en 1904 en la ciudad de Santiago. Según Rodrigo Booth (2021), este incidente reflejó la falta de conocimiento sobre el nuevo material y generó un ambiente de desconfianza que podría haber retrasado la adopción del sistema constructivo. Sin embargo, con la llegada de arquitectos extranjeros que impartieron cursos de arquitectura y enseñaron sus conocimientos sobre el hormigón armado, se logró restablecer la confianza en este nuevo sistema constructivo. Un ejemplo de aquellos extranjeros es Víctor Auclair, considerado como uno de los pioneros del hormigón armado en Chile, quien llegó a Valparaíso en 1908 para estudiar los efectos del terremoto y colaboró en numerosos proyectos de cemento armado entre 1909 y 1924 (Merciot, 1930).

En 1905, se estableció en Valparaíso la "Compañía Holandesa de Cemento Armado", desempeñando un papel fundamental en la promoción del sistema de hormigón armado en la región y en Chile en general. En 1908, en la ciudad de Viña del Mar, cercana a Valparaíso, se llevó a cabo la construcción del que se considera el primer puente construido íntegramente en hormigón armado en Chile, a cargo de la misma compañía. Este puente, actualmente conocido como el puente "Quillota", marca un hito en la introducción y aplicación de este sistema constructivo en el país (Booth, 2021).

► **Fig. 13** Puente "Quillota" ubicado en Viña del mar, construído por la Compañía Holandesa de Cemento Armado. (Booth, 2021) Elaboración propia.



Después del terremoto de 1906 en Valparaíso, se presentó la oportunidad de aplicar el sistema constructivo de hormigón armado tanto en obras civiles como en edificaciones. En el ámbito de las obras civiles, destacan proyectos como el abovedamiento de los esteros Jaime, bajo la avenida Francia, y Las Delicias (actual avenida Argentina) (Pérez Oyarzun, 2017).

En cuanto a las edificaciones, se observa la implementación de la patente Kahn en 1908 en un edificio diseñado por el arquitecto Federico Sibillá en la avenida Las Delicias (actual Avenida Argentina). Esta experiencia le sirvió posteriormente para desarrollar su propio sistema en hormigón armado que se analizará más adelante en esta investigación. Otro ejemplo es la temprana aplicación del sistema Lewen. Un sistema de concreto armado que consiste en la estructuración a través de bloques ahuecados de concreto reforzado. Según el diario "La Unión" del 18 de junio de 1908, este sistema fue aplicado en dos edificaciones de la región. La primera se ubicaba en la calle Chillán con Tivolá (actualmente donde se encuentra el Congreso de Chile), y se cree que la segunda aplicación del sistema fue en el Palacio Ariztía, situado en la ciudad de Viña del mar, en la calle Álvarez. Es importante señalar que ambas edificaciones no son completamente de hormigón

armado, ya que el sistema incorpora elementos de acero en la cual son apoyados estos bloques.

Marcos Regultorios de la construcción entre 1906-1930 en Chile y Valparaíso

La introducción del sistema constructivo de hormigón armado se ve además incorporado a las nuevas normativas que fueron surgiendo después del terremoto de Valparaíso de 1906. Este proceso regulatorio fue gradual y culminó con la redacción de la primera ley de Urbanismo y Construcción, desarrollada entre 1929 y 1936. Por lo mismo, se examinaron las normativas relacionadas con la construcción en Chile y Valparaíso entre 1907 y 1930.

El Decreto municipal N°1026 de 1907 de Valparaíso representa la primera regulación estudiada que considera al hormigón armado como un material preferible para construcción de cortafuegos y murallas divisorias, además de establecer pautas para la construcción reforzada de chimeneas. Luego, en 1911, se publica el "Cuaderno de Condiciones para la recepción del Cemento Portland y de las Cales", proporcionando un marco de procedimientos para evaluar la calidad de estos materiales en obras públicas. La promulgación de esta regulacion sugiere un posible impacto significativo en la ejecución de obras públicas en la época, y también en la garantización de calidad de cementos vendidos en Chile a través de la aprobación por parte del laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad de Chile, como se refleja en anuncios publicitarios de cemento (ver fig. 14). En 1925, se publicó el primer compendio oficial de normas para el concreto armado, estableciendo condiciones y estándares para la construcción de obras públicas. En esta norma, se abordan aspectos materiales, cálculos estructurales y procedimientos constructivos. Al año siguiente, en 1926 se publicó la "Ordenanza sobre policía de terrenos y de construcciones para la ciudad de Valparaíso" que regula la construcción y aspecto de inmuebles en Valparaíso. Aunque reconoce el valor del hormigón armado, la dualidad en las regulaciones refleja una transición en la industria de la construcción, destacando la



Fig. 14 Anuncio publicitario de cemento "La Cruz: aceptado por la Dirección de Obras Públicas y los Ferrocarriles del Estado". Extraído del diario "La Unión" del 30 de agosto de 1912.

solidez del hormigón armado y la persistencia del ladrillo, especialmente en muros cortafuegos.

En 1929, se publicó una normativa titulada "Informe sobre normas de cálculo y construcción que deben contemplarse en los proyectos de las obras públicas, considerando los perjuicios que pueden producir los temblores". Este documento sirvió de precedente para la creación de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización de 1930, incluso siendo incluido como anexo. En este informe, se describen las consideraciones para la construcción ante sismos. Respecto al sistema de hormigón armado, se destaca su resistencia a los terremotos y se enfatiza la necesidad de distribuir las cargas sísmicas entre muros y pilares según la rigidez de la edificación. Además, se recomienda unir las fundaciones mediante vigas de hormigón armado o muros transversales continuos, evitando un número excesivo de columnas esbeltas. En resumen, el texto recomienda la aplicación del sistema de concreto armado y de estructuras de acera revestidas con cemento sobre los otros debido su protección contra el fuego y ya que ofrecen seguridad sísmica.

En 1930, se publicó el primer documento vinculado a la primera Ordenanza General de Construcciones y Urbanización, que fue oficializada definitivamente en 1936. Este texto se estableció como un medio para regular la propiedad privada, incorporando principios de higienización, orden y seguridad pública (Barriento Monsalve, 2016).

En términos de contenido, la ley clasifica el sistema de hormigón armado como del tipo "A" en la sección relacionada con la construcción de edificios. Esto implica que estas edificaciones tienen mayores facultades estructurales, permitiendo construir en alturas superiores (hasta 40 metros) y la utilización de tabiques livianos que no soporten carga. En cuanto a los materiales del sistema de hormigón armado, esta ley aplica las "Normas para el Cálculo y Ejecución de las Obras de Concreto Armado" de 1925, originalmente establecidas para la edificación fiscal. En relación con la sismicidad, la ley norma que, en general, todo elemento portante de la edificación puede ser de hormigón armado, y en el caso de las edificaciones resistentes a incendios, se establece que los sistemas de hormigón armado y estructura metálica revestida de concreto son los únicos capaces de resistir la acción del fuego.

En líneas generales, las normativas analizadas consideraron al sistema constructivo de hormigón armado como efectivo para resistir sismos e incendios. Incluso la ley de 1907, basada en las experien

del terremoto de 1906, en la cual se respaldó este sistema pese a que, como se vio en el primer capítulo, la opinión especializada en el tema, aún no establecía las ventajas del sistema. Sin embargo, es evidente que las construcciones de albañilería continuaron siendo resaltadas estructuralmente, incluso en la primera Ordenanza de Urbanismo y construcciones, desarrollada entre 1930-6. Esta dualidad en las regulaciones refleja una transición en la industria de la construcción, desde los conocimientos estructurales empíricos a basarse en aquellos científicos con la ayuda, en este caso, del laboratorio de resistencia de materiales de la Universidad de Chile.

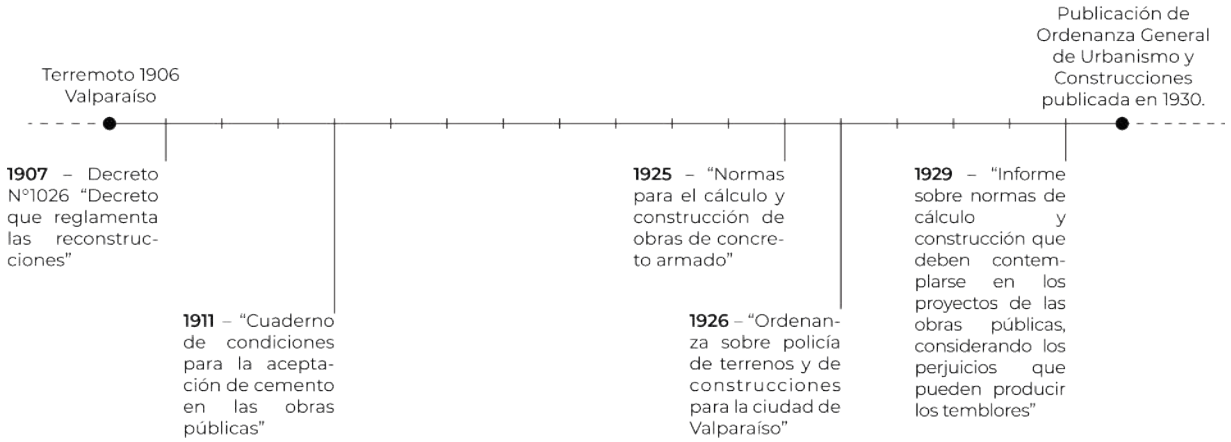


Fig. 15 Línea temporal de las distintas normativas referentes a la construcción entre 1906-1930 en Chile y Valparaíso. Elaboración propia.



CAPÍTULO II patentes de invención

El presente capítulo se enfoca en el análisis de las "patentes de invención," también conocidas hasta 1925 como "privilegios exclusivos." Estos documentos representan el resultado de la experimentación y la innovación que permiten introducir soluciones constructivas que respondan a la necesidades estructurales y materiales de la arquitectura en Chile entre los años 1906 y 1930. Este analisis permitió caracterizar la introducción del nuevo sistema de hormigón armado en el mercado de la construcción en Chile. Sumado a lo anterior, brindan la oportunidad de analizar las necesidades técnicas, materiales y estructurales que caracterizan a Chile en términos de su arquitectura en la época estudiada.

◄ **Fig 16**: Bernasconi, Anjel “Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi”. Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PATENTES DE INVENCIÓN

Dentro del marco de esta investigación, se han seleccionado específicamente las patentes de invención relacionadas con nuevos procedimientos o sistemas constructivos que combinan materiales como concreto, cemento y hormigón con una estructura metálica. Esto incluye el uso de acero, hierro, mallas metálicas y alambre.

Para la selección de estas patentes, en primer lugar, se han tomado en consideración todas las patentes relacionadas con la construcción que fueron concedidas entre 1906, después del terremoto de Valparaíso, y la publicación de la primera Ordenanza de Construcción y Urbanización en 1930. Luego, se han aplicado cuatro criterios de clasificación de estas patentes:

- Máquinas o procedimientos que involucren acero, cemento, hormigón o concreto de manera independiente.
- Sistemas constructivos que presenten similitudes morfológicas con el hormigón armado, pero que utilicen otros materiales.
- Máquinas o procedimientos que faciliten la construcción de sistemas de hormigón armado.
- Nuevos procedimientos o sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos

El último de estos criterios ha sido seleccionado para el estudio de la introducción de sistemas constructivos que integren materiales como concreto, cemento y hormigón con una estructura metálica, incluyendo la utilización de acero, hierro, mallas metálicas y alambre. Este criterio se ha establecido con el propósito de analizar de manera detallada las innovaciones específicas que surgieron en Chile durante ese período, lo que representa una parte fundamental de la introducción y evolución de los sistemas constructivos a lo largo de un periodo de 24 años.

Es importante destacar que, de las 16 patentes originalmente seleccionadas, 12 han sido analizadas en esta investigación. Esto es debido a que cuatro de las patentes no resultan pertinentes para el estudio de su aplicación en edificios o no abordan un procedimiento constructivo.

A continuación, se proporcionará información sobre las invenciones que no han sido objeto de análisis en la tesis:

- Unas mejoras en pilotes de concreto reforzado de encaje, Kirby Donald MaClena (1914).
- Mejoras en la construcción de embarcaciones de concreto armado, Nicolay Knudtzen F. (1918).

- Ciertos perfeccionamientos en la construcción de barcos, lanchones, barcazas, bastimientos flotantes y demás construcciones análogas de cemento u hormigon armado, William Foreign Patents (1918).
- Procedimiento para construir en serie cajones o cuerpos flotantes de hormigón armado, Guillermo Teubert (1925).

Análisis de patentes seleccionadas entre 1906 y 1930

Para llevar a cabo el análisis de cada una de estas patentes, se ha recopilado información de diversas fuentes, incluyendo el archivo central del Instituto de Propiedad Industrial (INAPI) de Chile, el archivo en línea del Instituto de Propiedad Industrial de Chile, el motor de búsqueda en línea de patentes internacionales de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), y en general, cualquier tipo de antecedente al que se ha podido ac ceder. Esto se ha realizado con el propósito de generar un análisis exhaustivo y completo de cada una de estas patentes, aprovechando la información disponible en diversas fuentes para obtener una visión integral de sus características y relevancia.

Para el estudio de cada una de las patentes, se han seleccionado los siguientes criterios:

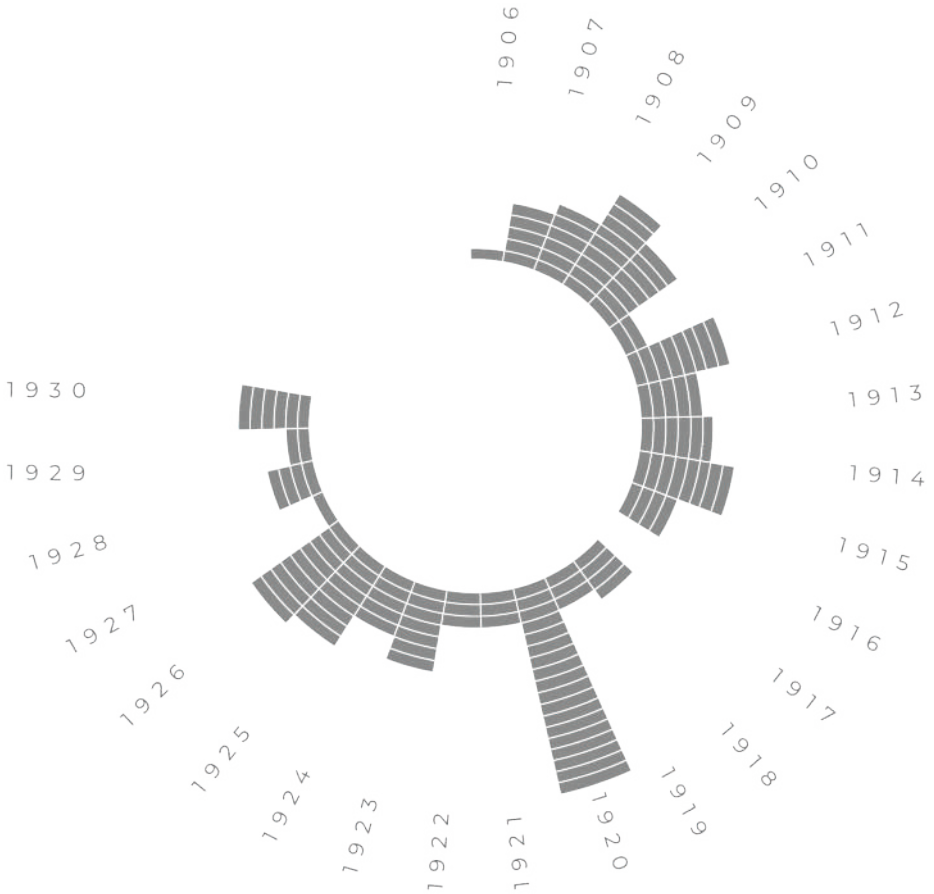
Antecedentes de la invención: Este criterio se refiere a la contextualización de la invención e incluye detalles como el inventor, el año de la invención, la procedencia de la patente, las aplicaciones previstas, entre otros aspectos relevantes.

Aspectos generales de la patente: Este criterio aborda la morfología general del sistema constructivo patentado, lo que incluye su diseño, estructura y características generales.

Especificación de la fabricación e instalación del sistema constructivo: Aquí se analiza el procedimiento constructivo detallado en la patente, es decir, cómo se fabrican y se instalan los componentes del sistema constructivo.

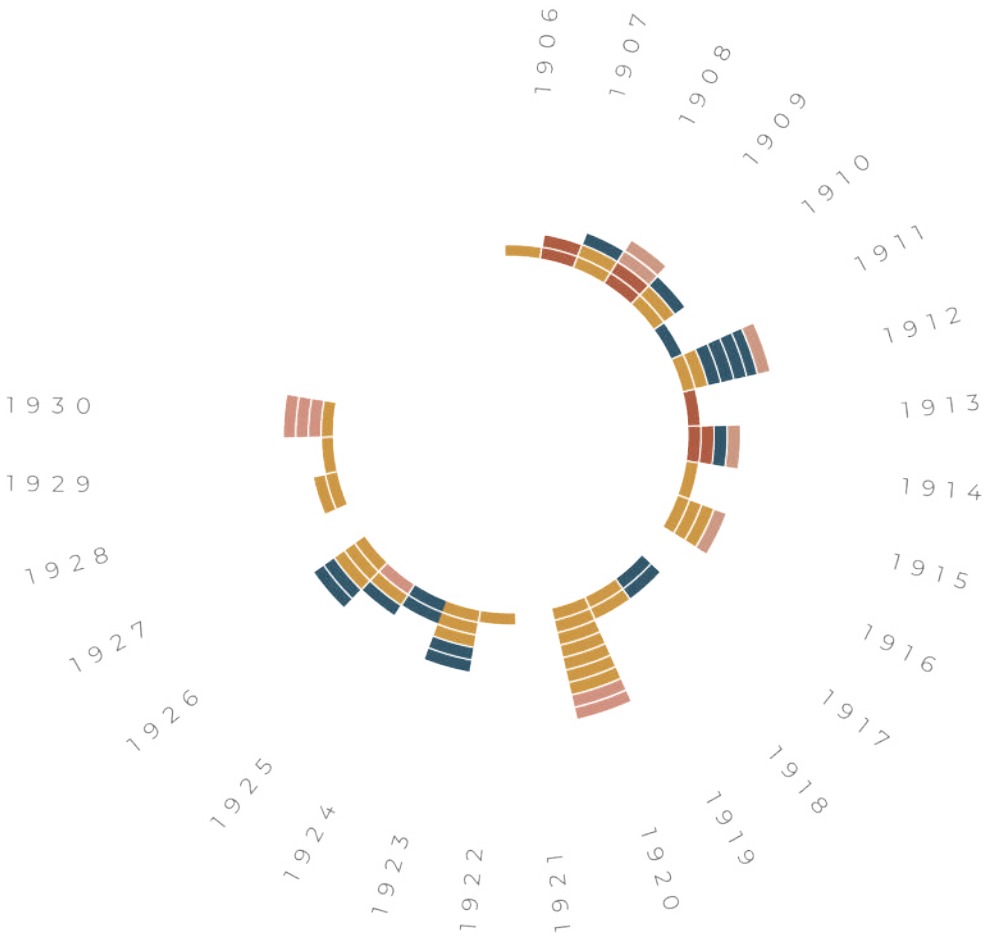
Especificación de los materiales: Este criterio se enfoca en los materiales específicos utilizados en el sistema constructivo, detallando los componentes y su composición.

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PATENTES DE INVENCIÓN ENTRE 1906-1930



Patentes de construcción depositadas entre 1906 y 1930

Fig 17: De un total de aproximadamente 4.350 patentes, se seleccionaron aquellas referidas a innovaciones en el ámbito de la construcción. Diagrama de selección de patentes relacionadas con la construcción depositadas en Chile entre 1906 y 1930. Elaboración propia.



Máquinas o procedimientos que involucren acero, hierro cemento, hormigón o concreto de manera independiente.

Máquinas o procedimientos que faciliten la construcción de sistemas de concreto, cemento u hormigón armado.

Sistemas constructivos que presenten similitudes morfológicas con el hormigón armado, pero que utilicen otros materiales.

Patentes seleccionadas a estudiar en esta investigación.

Fig 18: A partir de las 136 patentes referidas al ámbito de la construcción, se realizó la selección y categorización de 67 patentes referidas al ámbito de la construcción con sistemas de hormigón armado. Diagrama de criterios de selección de patentes relacionadas con el sistema de hormigón armado o similar depositadas en Chile entre 1906 y 1930. Elaboración propia.



PATENTES DE INVENCIÓN DESARROLLADAS EN CHILE ENTRE 1906-1930

La primera parte del estudio de patentes involucra la exposición, descripción y estudio de los aportes técnicos y constructivos de los sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos patentados en Chile entre 1906 y 1930, y que refieran a innovaciones desarrolladas e introducidas en el país.

De las 12 patentes analizadas, 7 son invenciones desarrolladas e introducidas en Chile por inventores Chilenos y extranjeros.

Las patentes a analizar son las siguientes:

- Patente N°2091 por Henry L. Lewen (1908)
- Patente N°2591 por Anjel Bernasconi (1911)
- Patente N°2649 por Almícar Massari (1912)
- Patente N°2720 por Santiago Castro Y Federico Sibillá (1912)
- Patente N°5317 por Luis Troncoso Pinto (1923)
- Patente N°5351 por Homero Castro Nordenflycht (1924)
- Patente N°5784 por Edgardo Figueroa (1926)

◄ **Fig 19**: Bernasconi, Anjel "Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi". Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

"MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN, CUYOS MATERIALES REEMPLAZARÁN CON GRAN VENTAJA AL LADRILLO, AL ADOBE, A LA MADERA Y AL FIERRO"
HENRY L. LEWEN

El sistema patentado en Chile por el arquitecto e ingeniero estadounidense Henry Louis Lewen el 5 de febrero de 1908. Este sistema fue aplicado en la región de Valparaíso, donde se tiene registro de su aplicación en al menos dos edificaciones.

Definición
Aspectos generales del sistema Lewen

El sistema constructivo se presenta como una alternativa a las construcciones tradicionales de ladrillo, adobe y acero. Se fundamenta en el empleo de piezas prefabricadas alargadas, conocidas en la patente como "vigas," compuestas de arena, ripio con piedra chancada finamente triturada y cemento Portland. En algunos casos, especialmente para tabiques livianos o detalles decorativos, se utiliza yeso y cal viva en lugar de cemento. Estas vigas están diseñadas con un núcleo hueco con cuatro refuerzos internos de barras de fierro. La unión de estos elementos se logra mediante la colocación y alineación de las acanaladuras correspondientes, lo que permite la aplicación de cemento para garantizar su cohesión.

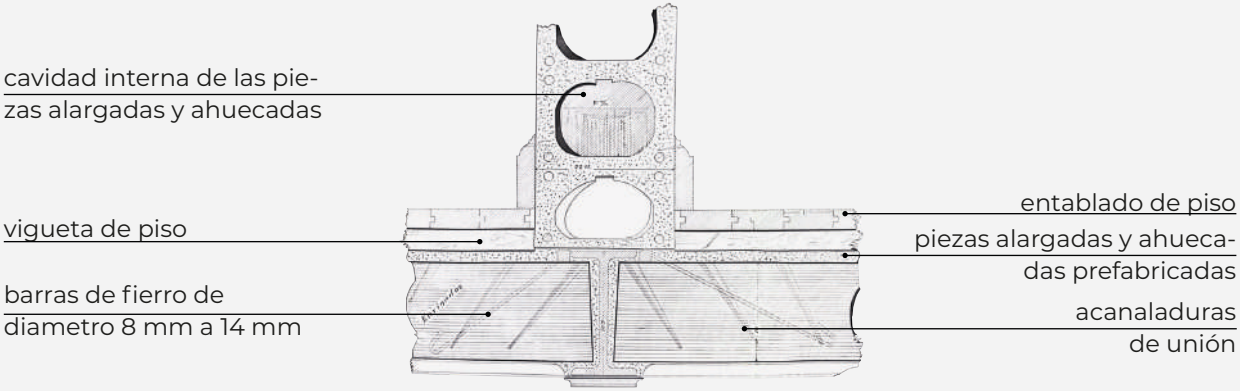


Fig. 20 Corte vista en elevación del encuentro entre tabiques y vigas.

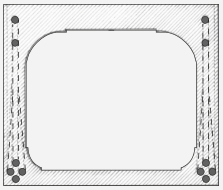


Fig. 21 Corte de elemento (vista en elevación)

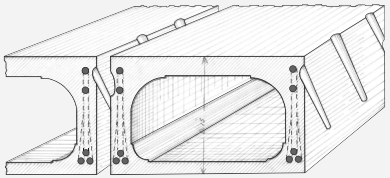


Fig. 22 Vista en perspectiva del elemento prefabricado. Por su costado se ven las acanaladuras empleadas para la unión entre los elementos.

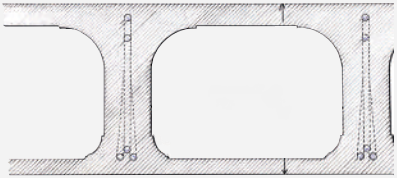


Fig. 23 Corte, vista en elevación de elementos ya unidos conformando una losa.

Especificación de la fabricación e instalación

Las piezas alargadas mencionadas anteriormente se fabrican de antemano utilizando moldes de madera, plomo, zinc o fierro fundido, adaptados a las dimensiones necesarias para cada elemento. El ahuecamiento de estas piezas se logra a través de un proceso de moldeo interno (véase la figura 25). A continuación, se describen los elementos que simplifican la fabricación e instalación del sistema constructivo.

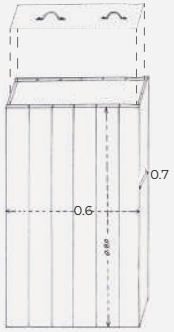


Fig 24. Moldaje de pieza alargada

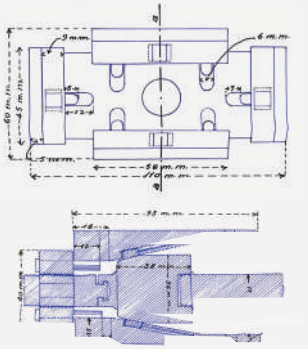


Fig 25. Moldaje para ahuecar las piezas alargadas

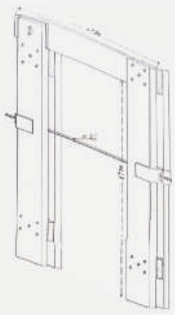


Fig 26. Grampas (Instalación de las piezas alargadas)

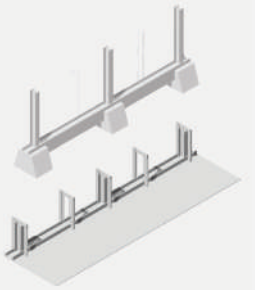


Fig 27. Estructura de vigas doble "T" (arriba) Estructura de vigas doble "T" y grampas (abajo)

01 Moldaje

Los elementos se fabrican a través de un moldaje de madera, plomo, zinc o fierro, el cual permite desmontar la pieza una vez que la mezcla del material haya fraguado. Se pueden fabricar en obra o en taller.

02 Cavidad interna

Al interior de los elementos se produce una cavidad hecha con un moldaje interno de madera, el cual es insertado dentro del cajón de moldaje y permite retirarlo una vez que haya fraguado.

03 Instalación

Para la instalación de los "elementos" se utilizan grampas que permiten dar soporte al encuentro entre los elementos, mientras se ejecuta la estructura de tabiquería, como se muestra en la Fig. 27.

04 Unión

Los "elementos" se unen mediante sus acanaladuras, vertiendo cemento en estas. Además, se emplean vigas de acero doble "T" o pies derechos que permiten dar soporte a la estructura de elementos (ver Fig. 27).

Fig. 20 - Fig. 23: Lewen, Henry louis. "Materiales para construcciones, cuyos materiales reemplazarán con gran ventaja al ladrillo, al adobe, a la madera y al fierro". Patente No. 2091. Publicado el 5 de febrero de 1908.Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).I) en 2022.

Fig. 24 - Fig. 26: Lewen, Henry louis. "Materiales para construcciones, cuyos materiales reemplazarán con gran ventaja al ladrillo, al adobe, a la madera y al fierro". Patente No. 2091. Publicado el 5 de febrero de 1908. Extraído del Archivo histórico Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI) en 2022.
Fig 27. : Elaboración propia a partir de ilustración de patente Lewen publicada en revista variedades el 14 de noviembre de 1908, Perú.

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: barras de fierro de diámetro entre 8 a 14 milímetros, según las dimensiones de las vigas

CEMENTO: se utiliza cemento Portland y en el caso de la tabiquería liviana, se puede considerar el uso de cal viva o yeso.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: La mezcla considera arena o ripio, piedra chancada fina, las proporciones de la mezcla son 1 x 2 x 2 x 5.

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema Lewen

01 Losas y vigas



Fig 28. Corte longitudinal de elemento prefabricado. Se muestra oscurecido las acanaladuras para unión de elementos.



Fig 29. Corte longitudinal de elemento prefabricado. Se muestra oscurecido las barras internas.

Las piezas alargadas que constituyen las losas se diseñan con longitudes totales que pueden variar según los requisitos de diseño de cada proyecto, oscilando entre un metro y cinco metros. Cada una de estas piezas incorpora un refuerzo que consta de entre diez y doce barras de acero de sección redonda, con diámetros que van desde los ocho milímetros hasta los catorce milímetros, adaptándose a las necesidades específicas de cada proyecto. La unión de estos elementos se efectúa en su cara lateral, empleando las acanaladuras dispuestas para este propósito y vertiendo cemento en estos espacios.

Los tabiques y muros, también se construyen a partir de estas piezas alargadas prefabricadas compuestas de arena o ripio con piedra chancada bien fina y cemento Portland y, en varios casos para tabiques livianos o adornos se usa yeso y cal viva, con refuerzo interno de barras de fierro. Estas se instalan sobrepuestas de manera vertical y se unen entre sí por medio de una serie de acanaladuras en su cara basal y superior. Para contener los extremos de las vigas, se pueden posicionar vigas doble "T" o pies derechos de madera.

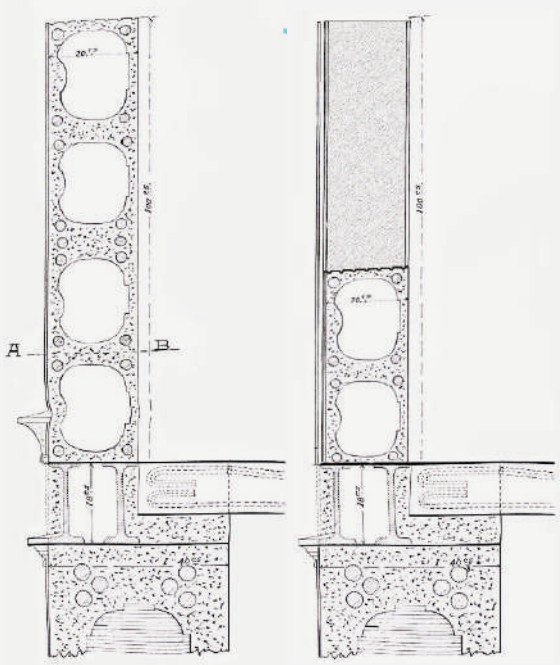


Fig 30. Vista en corte de la elevación de las piezas alargadas unidas verticalmente para formar un muro o tabique. Como se ve en la figura, estas piezas siempre están apoyadas en vigas doble "T".

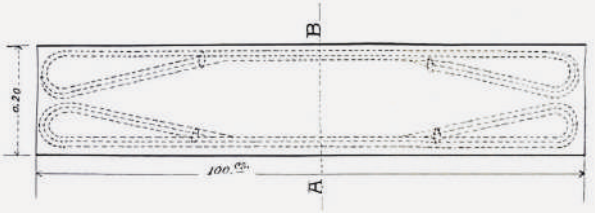


Fig 31. Vista en corte de la elevación de una pieza alargada que muestra su enfierradura interna de refuerzo.

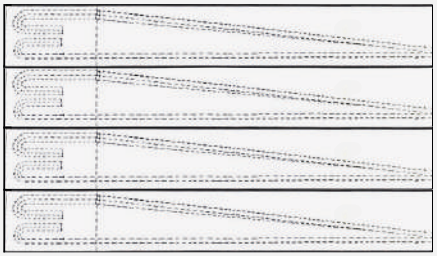


Fig 32. Vista en elevación que muestra la unión de estas piezas alargadas para conformar tabiques y muros.

Fig. 28 - Fig. 29: Lewen, Henry louis. "Materiales para construcciones, cuyos materiales reemplazarán con gran ventaja al ladrillo, al adobe, a la madera y al fierro". Patente No. 2091. Publicado el 5 de febrero de 1908. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 30 - Fig. 32: Lewen, Henry louis. "Materiales para construcciones, cuyos materiales reemplazarán con gran ventaja al ladrillo, al adobe, a la madera y al fierro". Patente No. 2091. Publicado el 5 de febrero de 1908. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

"NUEVO SISTEMA DE CEMENTO ARMADO"

ANJEL BERNACONI

El sistema fue patentado por el constructor chileno Anjel Bernasconi en 1911 en Chile. Bernasconi fue uno de los fundadores de la compañía industrial El Volcán, que, a partir de 1916, se especializó en la comercialización de cal y yeso. Actualmente, la empresa continúa operando y es conocida por su producto "volcanita", que desempeña un papel importante en la industria de la construcción.

Definición

Aspectos generales del sistema Bernasconi

El sistema constructivo se fundamenta en la unión de una pieza prefabricada y alargada, denominada "pie derecho", según se especifica en la patente correspondiente. Este elemento se fabrica utilizando moldes de madera o hierro, y están hechos de concreto armado. Los "pies derechos" permiten la construcción de diversos elementos estructurales, como muros, tabiques, losas, pilastras, pilares y columnas, a través de su yuxtaposición. La yuxtaposición se logra mediante la instalación de una barra de sección redonda en el espacio generado en la junta de un "pie derecho" con otro. A este espacio se le denomina acanaladura. Una vez que la barra se ha instalado, se procede a verter un mortero de cemento puro, lo que da como resultado un elemento estructural sólido y continuo que garantiza cohesión y estabilidad de la estructura.



Fig 33. Moldaje para fabricar "Pie derecho"

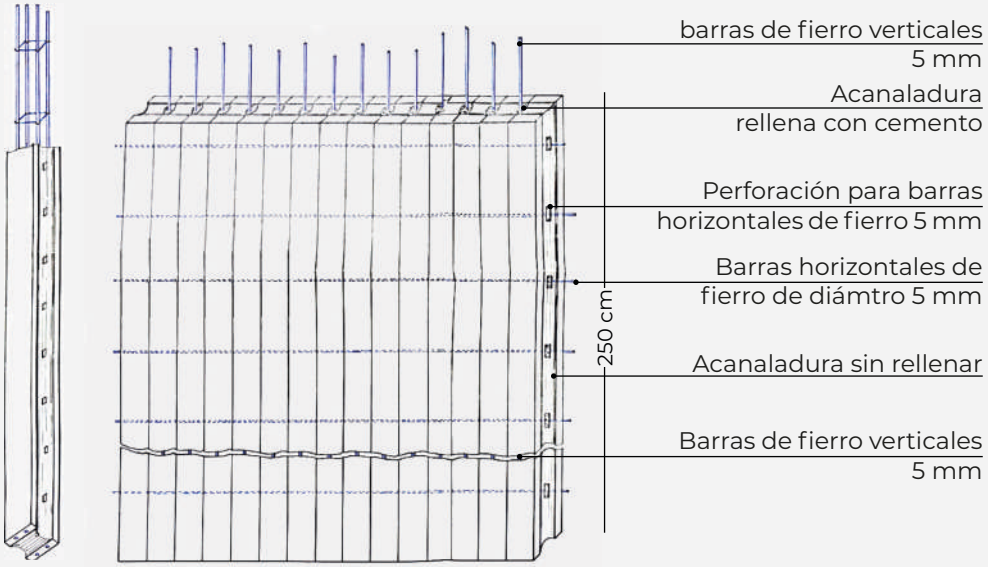


Fig 34. Pie derecho
Fig 35. Conjunto de pies derechos formando un tabique

01 Pisos y entrepisos

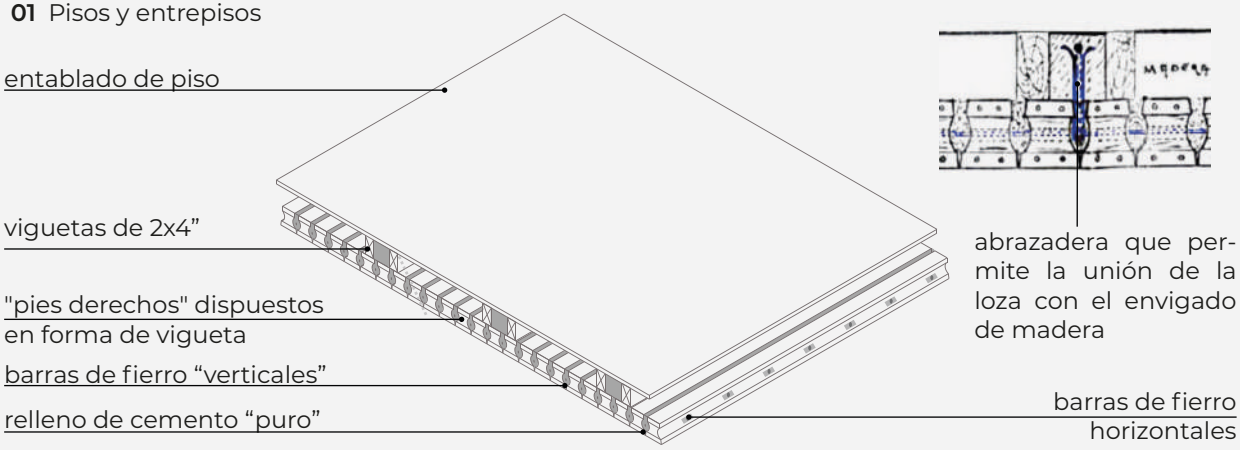


Fig. 36 Losa conformada por pies derechos. Se rellenan y refuerzan los encuentros entre pies derechos por la cara superior de la losa.

Fig. 37 Detalle de la unión entre envigado de piso y losa compuesta de "pies derechos".

Los pisos y entrepisos se construyen siguiendo un proceso que involucra la colocación de los “pies derechos” en posición horizontal, los cuales son conectados mediante barras que atraviesan las acanaladuras y perforaciones. Posteriormente, se vierte cemento para otorgar compacidad. En sentido vertical, se utilizan perforaciones para introducir barras de fierro, creando rectángulos a lo largo de toda la estructura de entrepiso o piso. Cada cierto número de viguetas se disponen dos piezas de madera de 2 x 4" que actúan como moldajes para una viga armada de mayor altura que queda embebida en la acanaladura.

02 Muros y tabiques

Para llevar a cabo su construcción en primer lugar, se posicionan los “pies derechos” verticalmente. Posteriormente, se añaden las barras de fierro en las acanaladuras entre cada uno de los pies derechos y otras en sentido horizontal. Una vez que las barras estén posicionadas, se procede a verter cemento puro, esto permitirá obtener una unión sólida y continua entre todos los “pies derechos”. En el caso del encuentro perpendicular entre dos tabiques, se genera una unión tipo cadena entre las barras de fierro horizontales y se vierte cemento en la sección, como se puede apreciar en la fotografía (fig. 39).

Fig. 33: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente.

Fig. 34 - Fig. 35: Bernasconi, Anjel “Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi”. Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 36: Elaboración propia a partir de la planimetría incluída en la patente.
Fig. 37: Bernasconi, Anjel “Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi”. Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

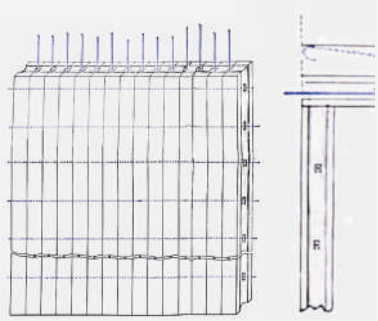


Fig 38. La conformación de tabiques interiores se realiza a través de una hilada de “pies derechos” yuxtapuestos entre sí y unidos vertiendo cemento en el espacio generado en la junta de estos.

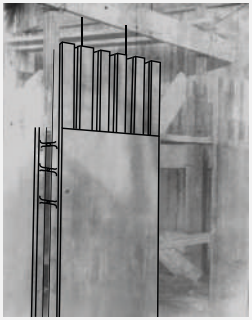


Fig 39. En la fotografía se ve que en el encuentro perpendicular entre dos tabiques se forma una “cadena” entre las barras horizontales de los elementos para luego cementar estos espacios con el empleo de moldaje.

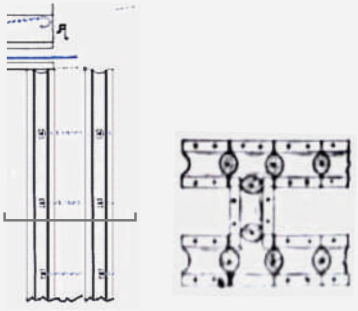


Fig. 40 En el caso de los muros estructurales, estos tienen un espesor de treinta centímetros y se conforman por una dobe hilada de “tabiques” unidas entre sí por las barras horizontales.

03 Pilares, pilastras y columnas

El proceso de construcción para columnas, pilares y pilastras sigue un procedimiento similar al utilizado para los tabiques. En primer lugar, se fabrican las diferentes partes que conforman cada elemento. Por ejemplo, una columna consta de doce piezas de concreto armado, mientras que los pilares tienen ocho piezas y las pilastras constan de cuatro. Una vez fabricadas las partes, se procede a unirlas para formar la columna, pilar o pilastra, mediante la acanaladura vertical en dos de sus extremos que permite el paso de una barra de hierro y genera un espacio para verter cemento. El cemento se distribuye a través de las acanaladuras para formar una unión sólida de las partes.

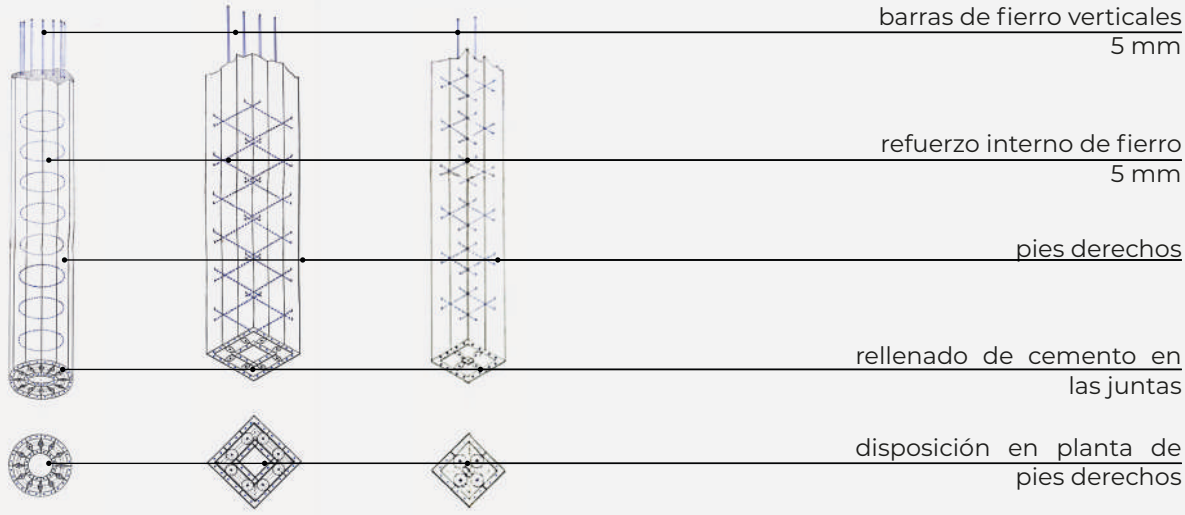


Fig. 41 Conformación de columnas a partir de la yuxtaposición de pies derechos.

Fig. 42 Conformación de pilares a partir de la yuxtaposición de pies derechos.

Fig. 43 Conformación de pilastras a partir de la yuxtaposición de pies derechos.

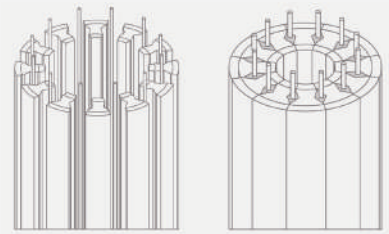


Fig. 44 Isométrica que muestra la disposición de los pies derechos para conformar una columna.

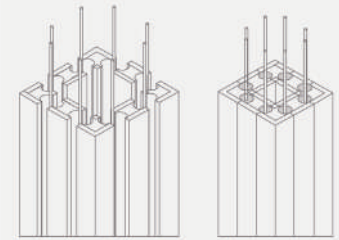


Fig. 45 Isométrica que muestra la disposición de los pies derechos para conformar un pilar.

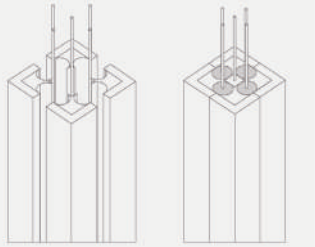


Fig. 46 Isométrica que muestra la disposición de los pies derechos para conformar una pilastra.

Fig. 38 - Fig. 40: Bernasconi, Anjel "Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi". Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 41 - Fig. 43: Bernasconi, Anjel "Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi". Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).
Fig. 44 - Fig. 46: Elaboración propia a partir de la planimetría incluída en la patente.

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: Se emplean barras de fierro de diámetro 5 milímetros o, según las dimensiones de los pie derechos.

CEMENTO: Para el relleno de los agujeros se emplea cemento puro y para fabricar los pies derechos se emplea hormigón a partir de cemento melón.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: Se detalla el empleo de arena graneada proveniente del río mapocho.

Instalación y herramientas

Especificación de la fabricación e instalación

La base del sistema constructivo se fabrica anticipadamente a su instalación, por medio de moldes de madera o fierro, según las dimensiones de los “pie derechos” que se han diseñado. El moldaje es fabricado con pino oregón de diez centímetros de alto por cinco de espesor y de dos metros cincuenca de largo. A lo largo, en su centro tienen un solevamiento generado a partir de un cuarto rodón, con el fin de generar una acanaladura en ambas caras en su largo. Este solevamiento, es para dejar suficiente espacio al momento de verter cemento al unir dos pies derechos. Además, el moldaje está perforado en todo su largo con el fin de colocar fierros planos horizontales para luego generar una unión entre “pies derechos” con un fierro colocado horizontalmente.

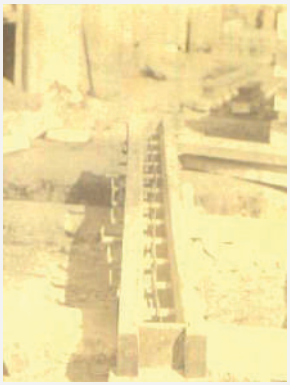


Fig. 47 Moldaje fabricado a partir de vigas de madera y estacas de fierro en su ancho. Estas últimas con el fin de generar orificios que serán empleados para insertar las barras de fierro horizontales de los “pie derecho”. (fotografía incluída en el archivo de patente).

01 Moldaje

Los “pies derechos” se fabrican a través de un mismo moldaje sea cual sea su aplicación estructural. En su proceso de fabricación, una vez vertido el concreto, se debe dar un movimiento vibratorio para quitar el aire y el exceso de agua en la mezcla, luego se debe esperar dos días. (Ver Fig.48)



Fig. 48 “Pies derecho” ya fabricados y apilados. Según la invención, este demora 12 días a partir del desmoldado. (Fotografía incluída en el archivo de patente).

02 Fraguado

Después de transcurridos dos días, se procede a retirar el “pie derecho” de su molde, tal como se muestra en la Figura 48. Estos elementos se apilan uno sobre otro, manteniendo únicamente una tabla de apoyo por debajo de ellos. El proceso de fraguado continuará durante los siguientes doce días.



Fig. 49 “Pies derechos” ya fabricados y listos para su instalación en obra. Estos tienen una altura de 220 centímetros. (Fotografía incluída en el archivo de patente).

03 Instalación

Después de un período de doce días, el hormigón ha alcanzado la consistencia adecuada para permitir la construcción de tabiques, losas, pilastras, columnas y pilares. Esto se logra mediante la yuxtaposición de los “pies derechos” en el proceso de edificación. Cada uno de estos elementos mide 2,1 metros de alto.

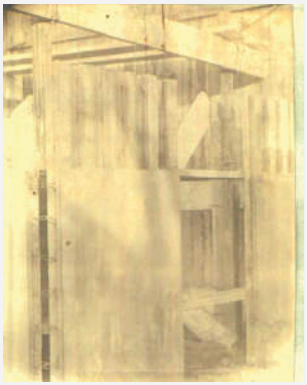


Fig. 50 Conformación de un muro a partir de la yuxtaposición de “pies derechos”. Los encuentros perpendiculares de dos muros se resuelve mediante una unión tipo “cadena” entre las barras de fierro horizontales y luego se vierte cemento en la sección. (Fotografía incluída en el archivo de patente).

04 Unión

Como se muestra en la Fig.50, para asegurar que la la unión entre los elementos estructurales, para constiruir un tabique, se unen los refuerzos de de los “pies derechos” y luego se vierte cemento sobre las juntas de estas barras metálicas, tanto en el sentido vertical del elemento estructural, como en el vertical.

Fig. 47 - Fig. 50: Bernasconi, Anjel “Nuevo sistema de cemento armado Anjel Bernasconi”. Patente Chilena No. 2591. Publicado en 1911. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

"CONSTRUCCIONES SISTEMA MASSARI"

AMÍLCAR MASSARI

El sistema patentado, desarrollado por el arquitecto y constructor italiano Amílcar Massari en 1912 en Chile, tuvo sus orígenes en respuesta al terremoto de 1906 en Valparaíso. Posteriormente, Massari trasladó su labor constructiva a Valdivia en 1909, donde puso en práctica su invención en un proyecto de edificación. Los planos detallados de la aplicación de este sistema constituyen parte de la documentación adjuntada en el archivo central del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Definición

Aspectos generales del sistema Massari

El sistema constructivo se basa en otorgar un revestimiento a la estructura de madera con mortero de cemento reforzado con una malla metálica con el propósito de mitigar los efectos de incendios y terremotos. Debido a estas características, su aplicación se extiende tanto a la construcción de edificios nuevos como a la reparación y refuerzo de edificios existentes, lo que lo convierte en una solución constructiva versátil. Además de su resistencia sísmica, destaca su capacidad de brindar aislamiento térmico y acústico, así como por cumplir con su resistencia a la humedad y sus propiedades higiénicas, evitando la presencia de roedores e insectos.

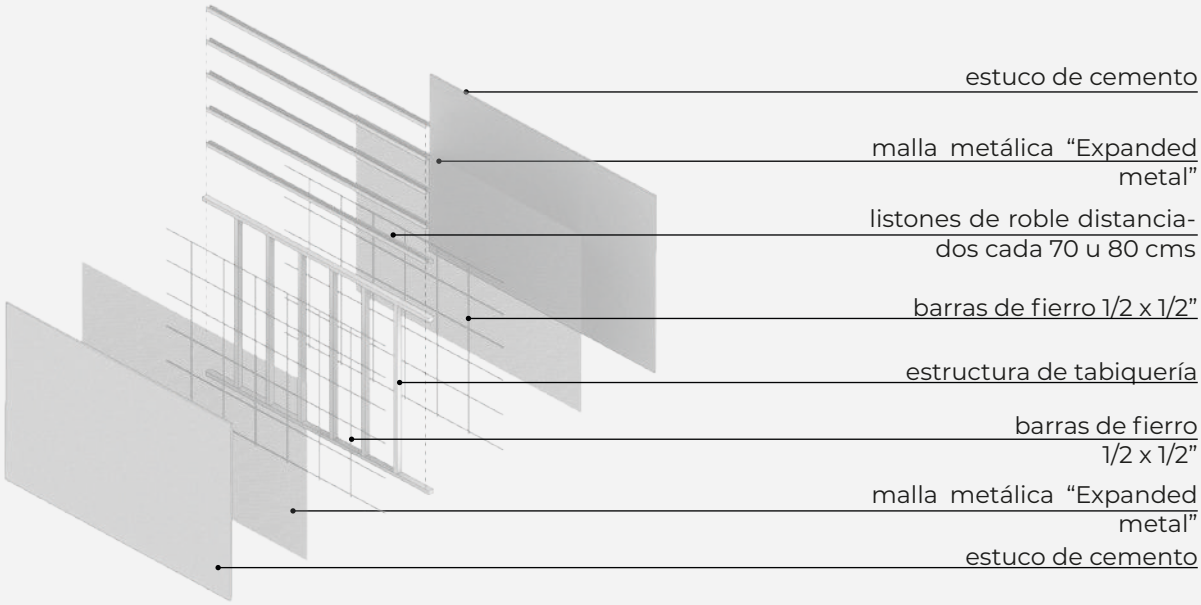


Fig. 51 Isométrica explotada de tabique del sistema Massari.

Especificación de la fabricación e instalación

A continuación, se detalla el proceso constructivo de la unión entre las diferentes capas de protección que brinda el sistema patentado.

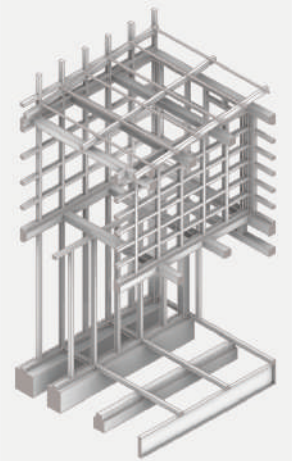


Fig. 52 Vista en Isométrica de la estructura en madera parcialmente cortada

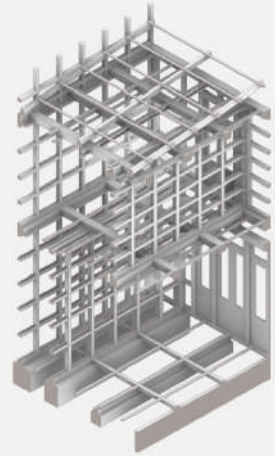


Fig. 53 Vista en isométrica de edificación parcialmente cortada, se muestran los listones de madera.

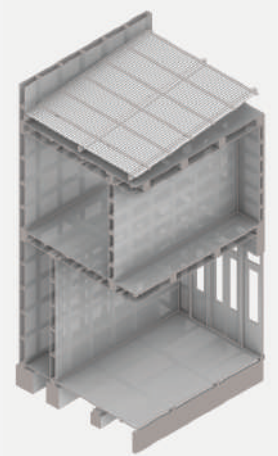


Fig. 54 Vista en isométrica de la estructura "enrejada" parcialmente cortada.

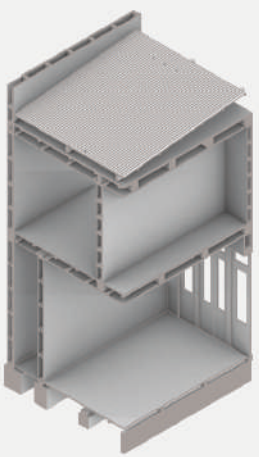


Fig. 55 Vista en isométrica de la estructura estucada con cemento y parcialmente cortada.

01 Estructura

El sistema constructivo Massari implica trabajar sobre una estructura de madera, ya sea preexistente o nueva. Contará con elementos como soleras, pies derechos, diagonales, envigados y umbrales de dimensión variable de acuerdo a sus respectivos cálculos.

02 Listones madera

La distancia entre los pies derechos de la estructura será de setenta a ochenta centímetros entre ellos. Entre los elementos, se instalarán listones o "cintas" horizontalmente, a plomo y a una distancia de cincuenta a setenta centímetros una de otra.

03 Acero

En el centro de las "cintas", envigados, soleras, pies derechos, umbrales, muchachos, etc., se colocarán barras de fierro de 1/2 x 1/2 pulgadas afirmadas con tornillos, y sobre estas barras se instalarán planchas de metal tipo "expanded metal" mediante grampas de fierro.

04 Cemento

Una vez que la estructura esté "enrejada", se procede a estucar con una primera capa de cemento con pelo animal y una segunda capa de cemento puro, o cal (para los interiores). El grosor total de la capa de estuco de cemento es de cuatro centímetros.

Fig. 51: Elaboración propia a partir de la planimetría de la patente. Massari, Amílcar. "Construcciones sistema Massari". Patente No. 2649. Publicado en 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 52 - Fig. 55: Elaboración propia a partir de planimetría de patente. Massari, Amílcar. "Construcciones sistema Massari". Patente No. 2649. Publicado en 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema Massari

Dado que la presente patente se enfoca en el recubrimiento de estructuras en lugar de su fabricación, este invento es aplicable a una amplia variedad de elementos estructurales en una edificación de madera. Esto incluye elementos como vigas, losas, estructura de escalera, recubrimiento de vanos de ventanas y puertas, muros y tabiques. A continuación, se describirá la estructura de este recubrimiento, dividiéndola en tres componentes fundamentales: la estructura portante de madera, la estructura metálica y el recubrimiento de cemento.

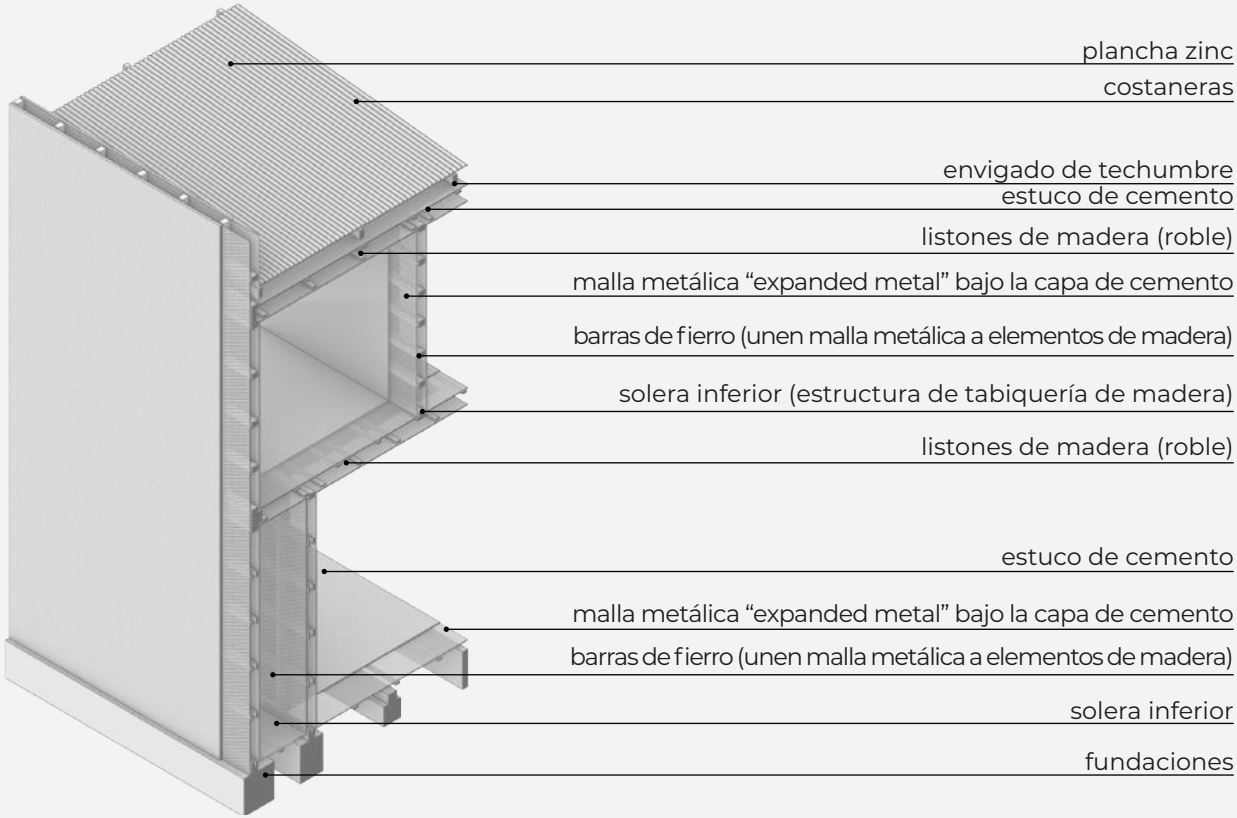


Fig. 56 Vista en isométrica de la edificación parcialmente cortada, en base de la planimetría adjunta en la patente del sistema Massari.

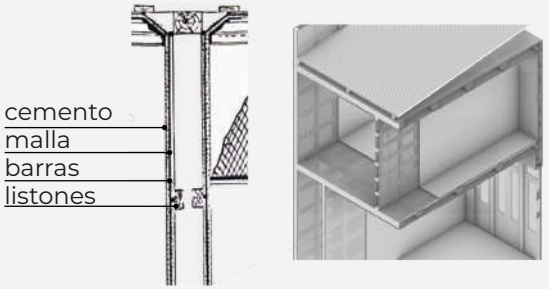


Fig. 57 Elevación con detalle material del sistema.
Fig. 58 Isométrica de edificación parcialmente cortada, en base a la planimetría de la patente. Busca mostrar las capas de los materiales.

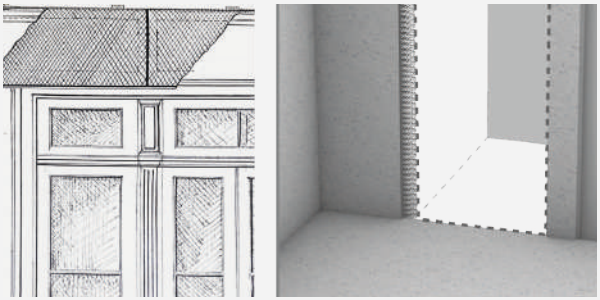


Fig. 59 Elevación con detalle material del sistema.
Fig. 60 perspectiva modelo del recubrimiento de vanos con la invención.

01 Estructura portante de madera

Con el propósito de proporcionar cualidades de incombustibilidad a la estructura de madera, se incorporan horizontalmente y alineados con la estructura de tabiquería de madera unos listones de roble entre los pies derechos de las tabiquerías y entre las vigas en caso de losas. Estos listones, denominados como "cintas" en la patente, desempeñan un papel fundamental al servir de soporte para la instalación de una estructura metálica compuesta por barras de fierro y mallas metálicas "expanded metal", las cuales se encuentran interconectadas a la estructura de madera mediante unas grampas metálicas.

02 Estructura metálica

Para el revestimiento de la estructura de madera, se instalan barras de acero de 1/2 x 1/2 pulgadas en la mitad de cada elemento de madera, como soleras, pies derechos y listones horizontales. Estas barras de acero se fijan a la madera mediante el uso de grampas. A continuación, se colocan unas mallas metálicas, denominadas como "expanded metal" en la patente, directamente sobre estas barras de acero. Estas mallas se unen entre sí utilizando alambres que se pasan a través de los extremos de cada plancha.

03 Revestimiento de cemento

Para lograr la incombustibilidad de la estructura, se reviste el enrejado con una doble capa de estuco de cemento. La primera es una mezcla de cemento con pelo animal, y la segunda capa es de una mezcla de cemento puro. También se puede considerar yeso para las caras de la edificación que dan hacia el interior. La estructura de techumbre, ventanas y puertas se deben aislar con una capa compuesta del enrejado y el revestimiento de cemento. Además, en los bordes de puertas y ventanas, se deberá instalar un marco de fierro para prevenir puentes térmicos con la estructura de la edificación.

Fig. 56: Elaboración propia a partir de planimetría de patente. Massari, Amílcar. “Construcciones sistema Massari”. Patente No. 2649. Publicado en 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 57 y Fig. 59: Massari, Amílcar. “Construcciones sistema Massari”. Patente No. 2649. Publicado en 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).
Fig. 58 y Fig. 60: Elaboración propia a partir de planimetría de patente.

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: Barras de fierro dulce de 1/2 x 1/2" y mallas metálicas de "expanded metal".

CEMENTO: Doble capa de estuco de cemento. La primera es una mezcla de cemento con pelo animal y la segunda capa es de una mezcla de cemento puro.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: No emplea

OTROS: Estructura portante de madera conformada por elementos como: soleras, pies derechos, diagonales, umbrales y muchachos de roble pellín.

Antecedentes

Aplicación del sistema Massari

La patente descrita incluye documentación detallada en forma de planos relacionados con una edificación que data de 1911, diseñada por el arquitecto e inventor Amílcar Massari en la ciudad de Valdivia. Sin embargo, no se proporciona información específica acerca de la edificación en cuestión en la patente. La inclusión de estos planos en el archivo de la patente sugiere que estos podrían servir como ejemplos ilustrativos o referencia para comprender mejor la aplicación del sistema patentado de Massari en la construcción de edificaciones.

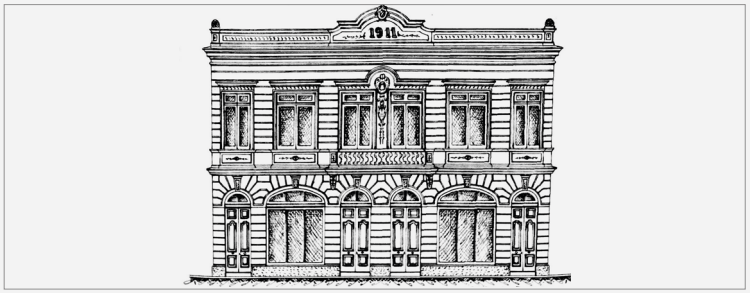


Fig. 61 Fachada de la edificación



Fig. 62 (de izquierda a derecha) Planta del primer nivel y planta del segundo nivel.



Fig. 63 Corte en elevación de edificación.

La particularidad de la patente de invención del "sistema Massari" está en que no se proporcionó ningún detalle constructivo específico de la invención en sí. En lugar de ello, la patente incluyó la planimetría de un proyecto desarrollado por el mismo inventor. A través de esta documentación, se ha elaborado un modelo tridimensional que permitió comprender los aspectos fundamentales de la patente.

Fig. 61 - Fig. 63: Massari, Amílcar. “Construcciones sistema Massari”. Patente No. 2649. Publicado en 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

“(...)CONSTRUCCIONES DE CEMENTO ARMADO, MEDIANTE LA SUPRESIÓN DE LOS COSTOSOS Y DÍFICILES MOLDES Y ANDAMIOS (...)”
SANTIAGO CASTRO BASAEZ I FEDERICO SIBILLÁ DE LA RUEDA

El sistema fue inventado y patentado por los ingenieros militares Santiago Castro B. y Federico Sibillá en 1912 en Chile. La patente surge de un estudio sobre cúpulas de concreto armado realizado en los talleres del Estado Mayor General del Ejército de Chile. Esta investigación tomó en cuenta las experiencias previas del ingeniero Federico Sibillá en la construcción de una edificación de concreto armado en la avenida Las Delicias, Valparaíso. Según las especificaciones técnicas obtenidas del archivo histórico patrimonial de Valparaíso con fecha del 15 de febrero de 1908, dicha construcción se basó en concreto de piedra reforzado con vigas de acero empleando el sistema Kahn. Esta referencia permitió llevar a cabo una comparación de los costos de los materiales y la mano de obra empleada, lo que llevó a considerar las mismas especificaciones de materiales para la patente en cuestión.

Definición
Aspectos generales del sistema Castro y Sibillá

El sistema constructivo se plantea como una alternativa económica y técnica a las construcciones de concreto armado con la supresión de moldes y andamios de madera utilizados en obra. Para ello, se emplearán vigas y bloques de cemento armado prefabricados y reforzados, debido a que el cemento es un 75% más liviano que el concreto y, además, aporta una mayor resistencia que aquellos sistemas de bloques de concreto prefabricados que han sido empleados hasta la época.

En la patente se describen los elementos que forman parte de la estructura "horizontal" como las losas, y de la estructura "vertical" como tabiques y pilares. Si bien, la representación gráfica de estos elementos forma parte de la descripción de una cúpula, no se excluye su aplicación a otro tipo de edificaciones.

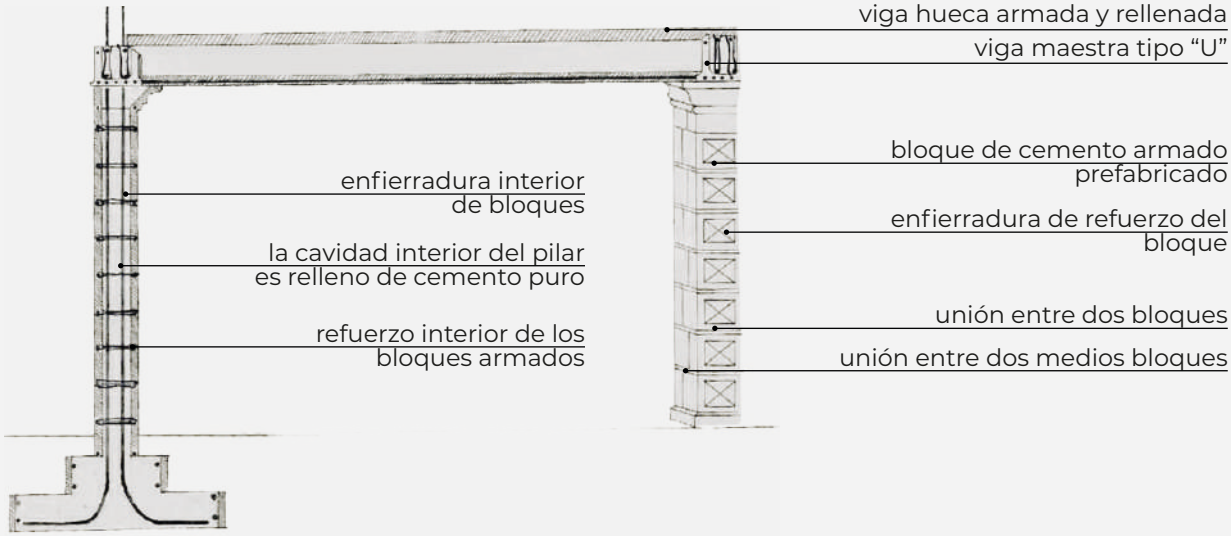


Fig. 64 Escantillón general de sistema constructivo.

Configuración estructural
Aplicaciones del sistema Castro y Sibillá

01 Vigas

Los elementos estructurales horizontales sestán compuestos principalmente por las vigas maestras y las vigas ahuecadas. Las vigas maestras tienen una forma de sección “U” y se apoyan sobre tabiques y pilares. Estas vigas pueden rellenarse y reforzarse para asegurar su unión con los elementos verticales. Por otro lado, las vigas ahuecadas forman la losa y están diseñadas de manera que puedan unirse entre sí en los extremos mediante un sistema de dentado y el rellenado de los espacios entre ellas. Esto resulta en un acabado de “cielo raso y parejo”. Además, como la patente trata sobre la construcción de cúpulas, se incluye un diagrama que incluye a vigas cuadernas, en este caso, estas cumplen la función de una viga ahuecada que va a lo largo del radio de la cúpula.

Fig. 64: Castro Basaez, Santiago; Sibillá, Federico “por mejoras económicas i técnicas en las construcciones de Cemento armado, mediante la supresion de los costosos i difíciles moldes i andamios destinados a depositar el concreto reforzado con fierro,o acero, en los tapiales i tablazones con que se construyen estas obras”. Patente Chilena No. 2720. Publicado 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

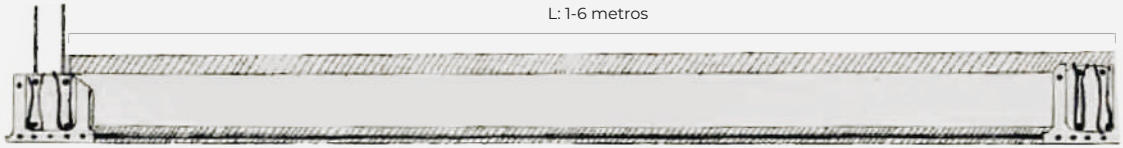


Fig. 65 Encuentro entre vigas maestras y vigas ahuecadas.

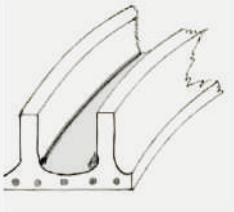


Fig. 66 Vigas maestras tipo "U". Su diseño permite que formen una unión sólida con la losa mediante el rellenado con cemento.

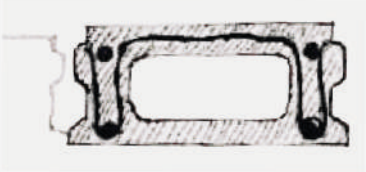


Fig. 67 Sección de viga ahuecada, su larrgo varía entre 1 a 6 metros. Su diseño permite generar un espacio yuxtaponerlas que será reforzado y rellenado posteriormente.

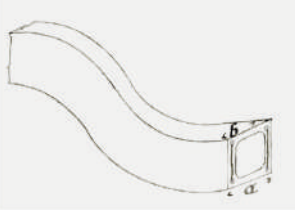


Fig. 68 Viga cuaderna para cúpulas.

02 Bloques prefabricados

Los bloques de cemento armado han sido diseñados con un centro ahuecado para reducir su volumen y, por ende, su costo de fabricación disminuye. Además, se refuerzan al incorporar barras de fierro o acero, lo que aumenta su resistencia por unidad. Las figuras 69, 70, 71 y 72 ilustran la aplicación de estos bloques en una edificación.

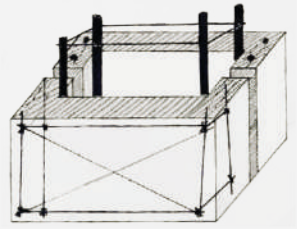


Fig. 69 "Bloque para pilar armado"

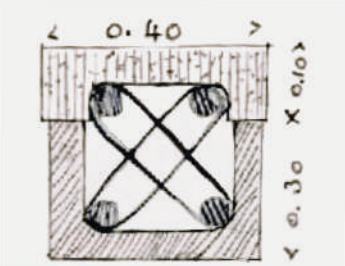


Fig. 70 "Bloques huecos huecos armados a juntas trabadas"

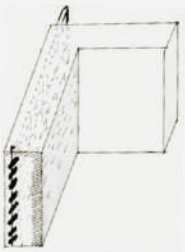


Fig. 71 "Bloque hueco armado para fotificaciones, con su acero en persianas."

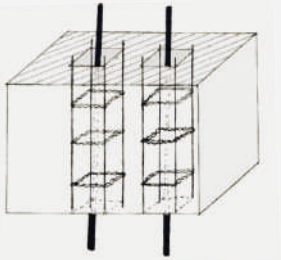


Fig. 72 Bloque hueco armado para murallas.

03 Pilares, muros y tabiquería

Para la construcción de elementos resistentes verticales, como tabiques, pilares y muros, se emplea una estructura formada por la colocación de bloques ahuecados. Estos bloques se ensamblan de manera que sus juntas queden trabadas verticalmente, y luego se rellenan con concreto para proporcionar estabilidad y resistencia. Además, se refuerza el relleno de concreto mediante la inserción de varillas de fierro o acero que atraviesan verticalmente la extensión de los pilares, tabiques o muros. Aunque se proporcionan detalles sobre los tipos de bloques adecuados para cada tipo de elemento estructural, como se mostró anteriormente, el diseño se mantiene flexible para adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto.

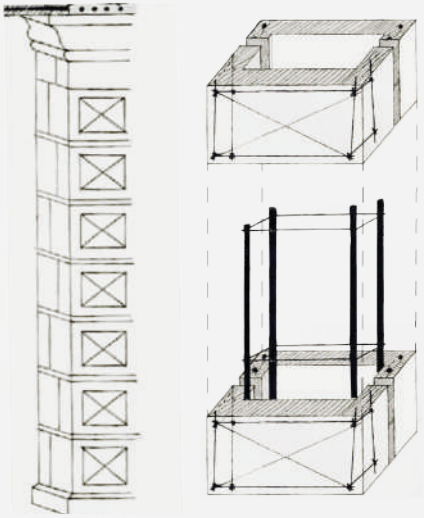


Fig. 73 Detalle de la conformación de un pilar estructural a partir de bloques de cemento armado. El apilamiento de bloques tiene dos secuencias de unión, una primera es la unión de dos medios bloques y luego se unen los bloques entre sí.

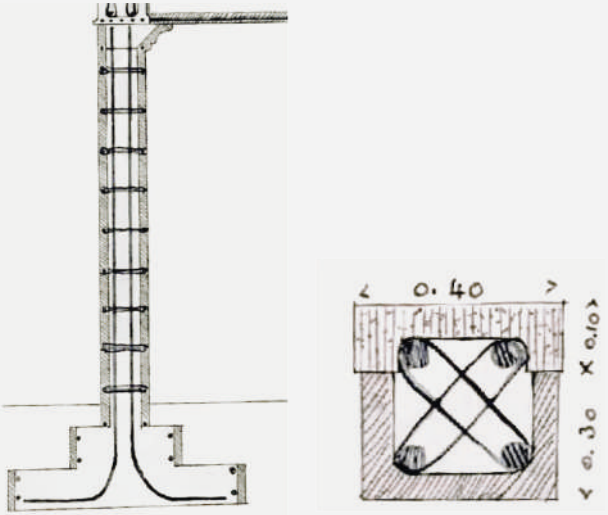


Fig. 74 (izquierda a derecha) Vista en elevación de corte de una estructura vertical empleando bloques con una armadura interna. A la derecha se muestra otro tipo de bloque para conformar muros, estos bloques están fabricados sin refuerzos internos.

04 Losas

Para la creación de losas, se disponen las vigas ahuecadas de manera que el entrelazamiento de sus extremos permita una unión sólida entre ellas mediante el rellenado de sus cavidades y el reforzamiento con barras de acero. Este procedimiento se describe en la patente como "el llenado de entre-vigas", lo que resulta en la formación de un techo liso y uniforme. Estas vigas se apoyan en las vigas maestras que se sitúan sobre los tabiques, e incluso se menciona la posibilidad de apoyarlas directamente sobre estos.

Fig. 65 - Fig. 72: Castro Basaez, Santiago; Sibillá, Federico “por mejoras económicas i técnicas en las construcciones de Cemento armado, mediante la supresion de los costosos i difíciles moldes i andamios destinados a depositar el concreto reforzado con fierro,o acero, en los tapiales i tablazones con que se construyen estas obras”. Patente Chilena No. 2720. Publicado 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 73 - Fig. 74: Castro Basaez, Santiago; Sibillá, Federico “por mejoras económicas i técnicas en las construcciones de Cemento armado, mediante la supresion de los costosos i difíciles moldes i andamios destinados a depositar el concreto reforzado con fierro,o acero, en los tapiales i tablazones con que se construyen estas obras”. Patente Chilena No. 2720. Publicado 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).



Fig. 75 Interpretación propia a partir de la planimetría de la patente sobre la constitución de las losas. Si bien no se incluyen detalles de la sección que correspondería a una losa de edificación debido a que la planimetría corresponde a la edificación de una cúpula, se interpreta que las vigas se yuxtaponen unas al lado de otra como se muestra en el dibujo original (véase figura 59)

Materia prima

Especificación de los materiales

Cabe mencionar que, la especificación de materiales se llevó a cabo en base a la comparación detallada en el primer apartado, que hace referencia a las ventajas económicas del sistema patentado de concreto armado y a las lecciones aprendidas de experiencias previas. Tal como se menciona en el "Estudio sobre cúpulas de cemento armado" adjunto a la patente, estos datos se derivan de las lecciones extraídas de la construcción de un edificio en Valparaíso en 1908. De esta manera, se recopilaron los datos pertinentes de esta edificación para realizar un análisis.

REFUERZO: Barras de acero o fierro redondas (app 5 cm de diamtero para barras que atraviesan toda la longitud del elemento estructural)

CEMENTO: Cemento Portland "Common brand", (según E.E.T.T obtenidas del archivo histórico patrimonial de Valparaíso con fecha del 15 de febrero de 1908, que corresponden a las experiencias previas obtenidas por una edificación a cargo del arquitecto Federico Sibillá).

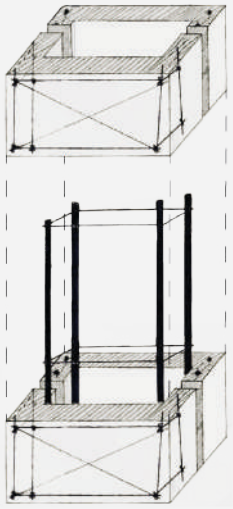
ARENA, PIEDRA Y GRAVA: Piedra granito chancada (según E.E.T.T obtenidas del archivo histórico patrimonial de Valparaíso con fecha del 15 de febrero de 1908, que corresponden a las experiencias previas obtenidas por una edificación a cargo del arquitecto Federico Sibillá), y, piedrecilla lavada y arena lavada según patente Chilena No.2720.

Especificación de la fabricación e instalación

La instalación de la estructura propuesta en la patente no sugiere una continuidad de la estructura. Esta percepción se origina debido a que en la patente no se ha mencionado algún sistema de unión entre los elementos verticales y horizontales, donde "el trabajo de un día se une con el del siguiente," como se menciona en el documento. Este enfoque plantea la concepción independiente de cada elemento que conformaría la edificación, lo que contrasta con la idea de un sistema en el que sus partes se integran en una unidad sólida y continua.

01 Proceso constructivo.

Los bloques son fabricados en moldajes y se componen de concreto y un refuerzo interno de barras de acero o fierro. El proceso constructivo para unir bloques entre sí incluye, en primer lugar, asperizar las superficies de contacto, luego se aplican capas de mezcla de “mayor riqueza” en los remates de los bloques y, finalmente se rellenan los bloques con una mezcla de concreto, fortaleciéndolos adicionalmente mediante la incorporación de barras de fierro o acero para reforzar su estructura.



En este ejemplo, esta cavidad se transforma en un pilar armado con un revestimiento exterior de bloques de cemento armado. Este proceso combina la resistencia y durabilidad del concreto armado con la versatilidad de los bloques de cemento en la construcción de elementos estructurales.

Fig. 76 Apilamiento de bloques de cemento armado.

Fig. 75: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente: Castro Basaez, Santiago; Sibillá, Federico “por mejoras económicas i técnicas en las construcciones de Cemento armado, mediante la supresion de los costosos i difíciles moldes i andamios destinados a depositar el concreto reforzado con fierro,o acero, en los tapiales i tablazones con que se construyen estas obras”. Patente Chilena No. 2720. Publicado 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 76: Castro Basaez, Santiago; Sibillá, Federico “por mejoras económicas i técnicas en las construcciones de Cemento armado, mediante la supresion de los costosos i difíciles moldes i andamios destinados a depositar el concreto reforzado con fierro,o acero, en los tapiales i tablazones con que se construyen estas obras”. Patente Chilena No. 2720. Publicado 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

"NUEVO SISTEMA DE CONSTRUCCIÓN BASADO EN LA COMBINACIÓN DEL CONCRETO ARMADO CON BLOCKS DE UN NUEVO MATERIAL"
LUIS TRONCOSO PINTO

El sistema constructivo fue patentado en Chile por el arquitecto chileno Luis Troncoso Pinto en agosto de 1923 se basó en su experiencia previa en Estados Unidos y su resultado está documentado en una memoria que presentó en 1913 ante el Supremo Gobierno, en la cual informó sobre su investigación en Estados Unidos sobre sistemas constructivos que combinan acero y albañilería. Muchos conceptos planteados en ese informe se reflejaron en la patente de 1923.
En su propuesta, Troncoso Pinto reestructuró la distribución de cargas de las construcción al reemplazar el sistema de cargas uniformemente distribuidas por el de cargas aisladas que actuaban sobre cimientos individuales. Estas cargas aisladas recaían sobre pilares, alrededor de los cuales se acumulaba la mayor cantidad de albañilería, desempeñando un papel de soporte. Los tabiques podían ser de un material liviano e incluso móviles debido a que no tendrían que soportar cargas [2].

Definición
Aspectos generales del sistema de concreto armado y blocks de un nuevo material

El sistema constructivo se fundamenta en la utilización de dos componentes clave. Por un lado, se incorporan vigas y pilares de concreto armado de sección reducida. Estos elementos, cuando se combinan con bloques de un novedoso material resistente y ligero, crean un armazón que posee la capacidad de proporcionar la resistencia necesaria para soportar todas las cargas y transferirlas de manera eficiente a los cimientos aislados del sistema. Por otro lado, este armazón estructural se completa con muros y tabiques construidos a partir de un material ligero. Aunque estos elementos no tienen la función de soportar cargas, contribuyen significativamente a la reducción del peso propio de la edificación, brindan aislamiento térmico y acústico, y permiten aprovechar los recursos disponibles en el país.

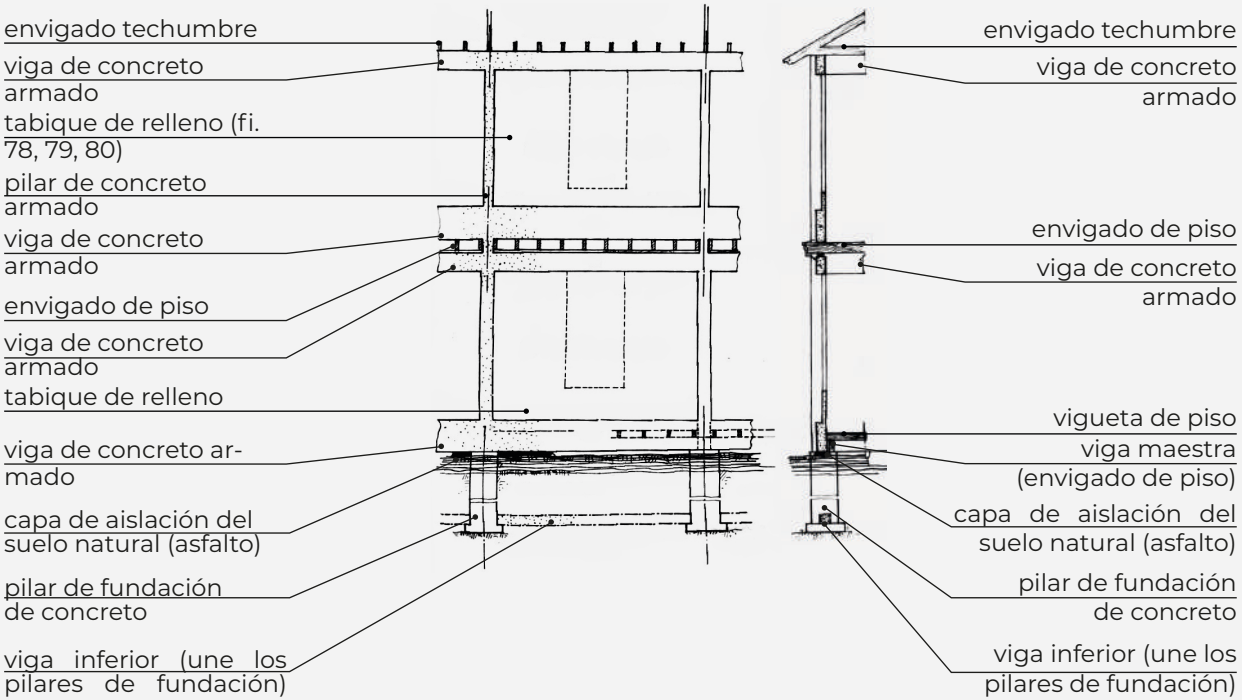


Fig. 77 (De izquierda a derecha) Sección longitudinal y transversal del sistema constructivo.

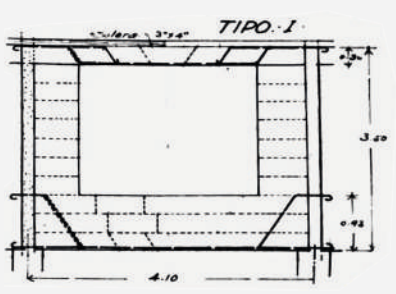


Fig. 78 Se muestra una vista en elevación del primer tipo de tabique de relleno con bloques. En este tipo de tabique, la parte inferior está compuesta por una viga de concreto armado que está integrada dentro de la estructura del tabique. En la parte superior, se encuentra otra viga de concreto armado que no forma parte del tabique.

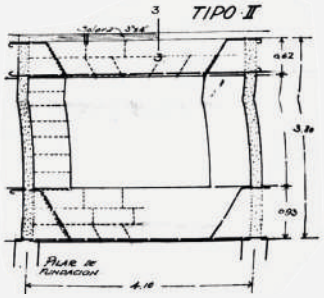


Fig. 79 Se muestra una vista en elevación del segundo tipo de tabique de relleno con bloques. En este tipo de tabique, la parte inferior y superior están compuestas por vigas de hormigón armado que están integradas dentro de la estructura del tabique.

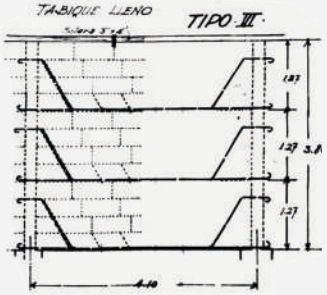


Fig. 80 Se representa una vista en elevación del tercer tipo de tabique de relleno con bloques. En este caso, este tipo de tabique no presenta aberturas (vanos). Su estructura interna incluye armadura y es capaz de soportar cargas, lo que le confiere una mayor resistencia y capacidad de carga en comparación con los tabiques que cuentan con vanos o aberturas.

2. Aguirre González, M. E., 2004. La arquitectura moderna en Chile [Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Madrid]. Madrid: Archivo Digital - Universidad Politécnica de Madrid.

Fig. 77 - Fig. 80: Troncoso Pinto, Luis "Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo" . Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema de concreto armado y blocks de un nuevo material

01 Bloques.

El sistema constructivo se caracteriza por la utilización de dos tipos de bloques: los bloques sometidos a compresión o de resistencia y los bloques de relleno. Los bloques sometidos a compresión cumplen una doble función, ya que se utilizan para envolver la estructura de pilares y vigas de concreto armado, brindándoles mayor rigidez, y al mismo tiempo, funcionan como moldes durante el proceso de vertido del concreto en la fabricación de los pilares de concreto armado. Estos bloques se elaboran a partir de una mezcla específica que incluye 4 partes de yeso, 4 partes de piedra pómez molida y 1 1/2 partes de cal, disuelta en una solución de sulfato de fierro o piedra lumbre, lo que les confiere resistencia y durabilidad.

Por otro lado, los bloques de relleno se emplean para el relleno de tabiques, muros y dinteles en el sistema estructural. Aunque no asumen cargas significativas en el sistema, contribuyen al aumento de la rigidez de la estructura en su conjunto. Estos bloques son más ligeros que los bloques sometidos a compresión, ya que reducen la cantidad de yeso en su composición y aumentan proporcionalmente la cantidad de piedra pomez. Además, para aligerar aún más su peso, es posible agregar a la mezcla piedra pomez entera, ladrillo picado, escoria, aserrín o fíbras vegetales.trabazón que asegure una unión sólida entre elementos.

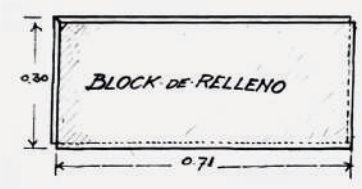


Fig. 81 Vista en elevación de bloques de rectangulares o de relleno que, sin tomar carga alguna, contribuyen a aumentar la rigidez de la estructura y cuyo peso propio gravita sobre las vigas.

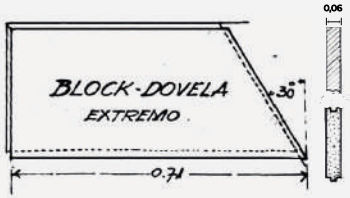


Fig. 82 Vista en elevación de los bloques en forma de dovelas llevan cortes oblicuos en sus extremos y se se emplean para constituir vigas y dinteles.

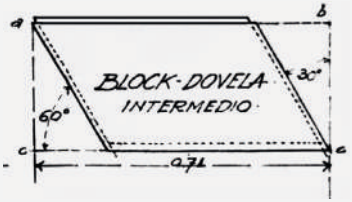


Fig. 83 Vista en elevación de bloque en forma de dovela intermedia. Todos los bloques llevan ranuras que permiten la unión entre bloque y bloque, y además a través de estas ranuras pasa un refuerzo de acero.

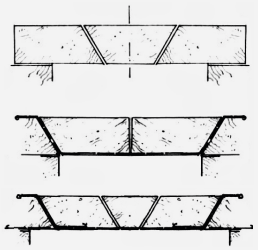


Fig. 84 Vista en elevación de la conformación de dinteles con bloques reforzados con barras de acero.

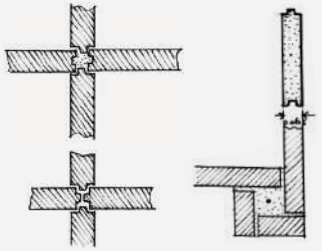


Fig. 85 (a la Izquierda) Vista en planta de la intersección entre tabiques de bloques de relleno. (derecha) Vista en planta de la unión de bloque de refuerzo y bloque de relleno para tabique.

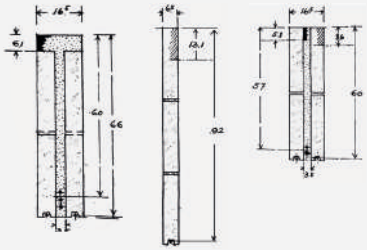


Fig. 86 (a la izquierda) Vista en elevación de bloques a compresión unidos a viga de concreto armado. (al medio) Vista en elevación de la conformación de tabiques. (a la derecha) Vista en elevación conformación de muro estructural con bloques.

02 Pilares de concreto armado

Los pilares son elementos estructurales fundamentales en el sistema constructivo, ya que reciben las cargas distribuidas por las vigas. Los pilares están construídos con concreto armado, y sus dimensiones varían en función de las cargas a las que están cometidos. Por ejemplo, en viviendas de un piso con una altura entre 3,5 m y 4,5 m, la base del pilar puede variar entre 10 x 10 cm y 15 x 15 cm. Los pilares se conectan tanto en su parte superior como en la inferior mediante vigas reforzadas, formando así marcos rígidos de concreto armado. Los pilares pueden estar dispuestos de diversas maneras, como dentro del espesor de los muros y pilastras, en el perímetro exterior del edificio o formando núcleos centrales sin recubrimiento, en combinación con bloques en el caso de la intersección de dos tabiques interiores, o como pilares aislados.

Fig. 81 - Fig. 83: Troncoso Pinto, Luis "Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo". Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 84 - Fig. 86: Troncoso Pinto, Luis "Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo". Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

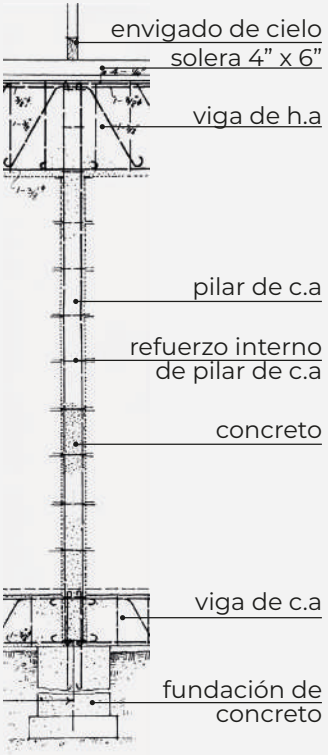


Fig. 87 Vista en elevación pilar de concreto armado(cruce de tabiques)

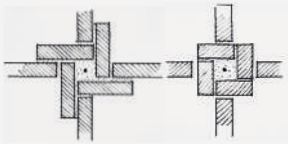


Fig. 88 Pilar interior

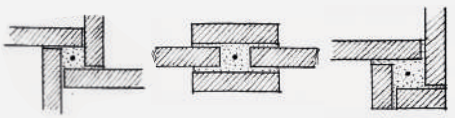


Fig. 89 Pilar secundario



Fig. 90 Pilar aislado

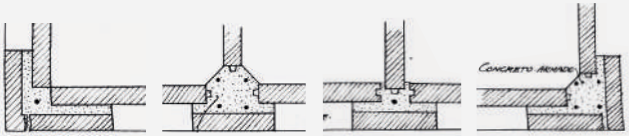


Fig. 91 Tipo de pilares dispuestos en fachada

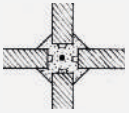


Fig. 92 Pilar interior

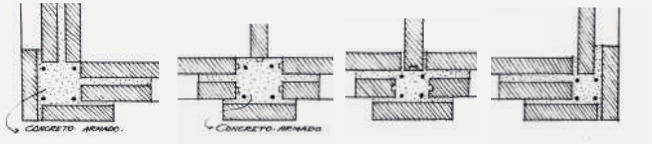


Fig. 93 Tipo de pilares dispuestos en fachada

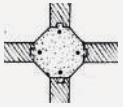


Fig. 94 Pilar interior

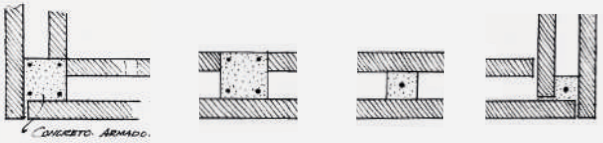


Fig. 95 Tipo de pilares dispuestos en muro doble hueco

03 Vigas de concreto armado

Como se mencionó anteriormente, las vigas permiten “amarrar” la estructura de pilares tanto en su parte superior como en la inferior, constituyendo así la estrategia estructural clave de la invención para mitigar los efectos de sismos. En términos de diseño y con el objetivo de lograr una solución económica, minimizando el uso de concreto y acero, se aconseja no exceder luces de más de 4,1 metros. A continuación se describirán los diferentes tipos de vigas que forman parte del sistema constructivo:

Vigas o viguetas superiores: Estas vigas cumplen la función de proporcionar apoyo a la estructura de techumbre y los envigados de piso o cielo. Con el fin de obtener las dimensiones mínimas para este tipo de vigas, las cargas superiores se transfieren directamente a los pilares mediante la distribución de armaduras. En casos en que las cargas superiores sean considerables, se opta por reforzar la viga y, junto con los pilares, crear un marco rígido que pueda soportar estas cargas.

Vigas intermedias e inferiores: Estas vigas se encuentran unidas a los pilares principales, constituyendo marcos rígidos capaces de resistir esfuerzos de compresión y tracción, por lo tanto, las vigas siempre debe ir reforzado . Estas vigas pueden funcionar como soportes de tabiques y también como sustitución de vigas maestras en los envigados de piso de un segundo nivel en la edificación. Si se requiere cumplir ambas funciones, se deben utilizar dos vigas, una para cada objetivo. En edificaciones de un sólo nivel, estas vigas cumplen la función de soportar tabiques, ya que los envigados de piso son soportados por las fundaciones.

Vigas de fachada: Estas vigas pueden estar construidas con una o doble hilada de bloques, dependiendo de las exigencias de carga en la base de la construcción y de la configuración estructural de la edificación. Su función principal es soportar cargas de la fachada de la construcción. En algunos casos, también pueden ser reponsables de soportar la estructura del piso superior.

Vigas para tabiques interiores: Estas vigas se disponen al nivel de los envigados del primer nivel de la edificación y permiten soportar tabiques livianos. Están constituídos por una sola hilada de bloques con el fin de mantener un plano inferior uniforme y que no esté en contacto con el suelo natural.

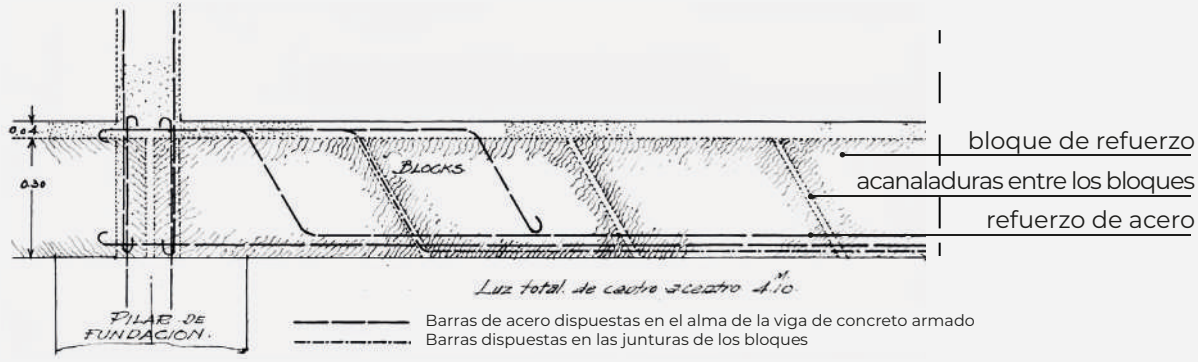


Fig. 96 Vista en elevación de la disposición de los refuerzos de acero en viga para satisfacer las condiciones del valor de los momentos positivos y negativos. Se ubicarán separadamente, tanto en el núcleo central del concreto como debajo y encima de los bloques, en proporción a los valores para cada material."

Fig. 87 - Fig. 95: Troncoso Pinto, Luis "Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo" . Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 96: Troncoso Pinto, Luis "Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo" . Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

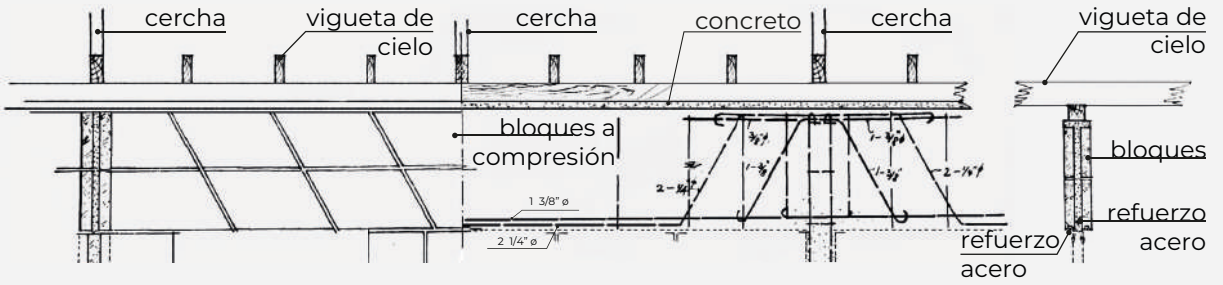


Fig. 97 Vista en elevación y corte de la viga superior de doble hilada de bloques que soporta la estructura de techumbre con sobrecarga.



Fig. 98 Vista en elevación y corte de la viga inferior de una sola hilada de bloques ligeros. En la sección A- A ´de la viga se muestra cómo la estructura de piso se apoya sobre la fundación de concreto.

En general, para todo tipo de vigas, las vigas tienen forma de “T” y estan rellenadas con bloques de materialidad ligero que constituyen una envoltura de un núcleo resistente de concreto armado. Estos bloques actúan como moldes y son un componente estructural escencial que permite a a viga resistir los esfuerzos a compresión, así como los esfuerzos de cizalleo tanto en direcciones verticales como horizontales. Esto se logra mediante el uso de refuerzos metálicos tanto en el núcleo central del concreto como debajo y encima de los bloques. La disposición de las barras dobladas y horquillas (Ver Fig. 97 y 98) de refuerzo es flexible y se pueden ubicar libremente dentro del alma de la viga de concreto, y las barras dobladas correspondientes a los bloques se colocarán en las junturas que forman un ángulo de 30° con la vertical, variando si es necesario la longitud del bloque de apoyo, para tomar el cizalle máximo en el lugar correspondiente.

Especificación de la fabricación e instalación

La patente específica sus principales componentes estructurales, que incluyen cimientos, aislación de suelo, pilares, vigas, tabiques y bloques. A continuación, se detalla el proceso constructivo de los encuentros entre estos elementos según el sistema patentado.

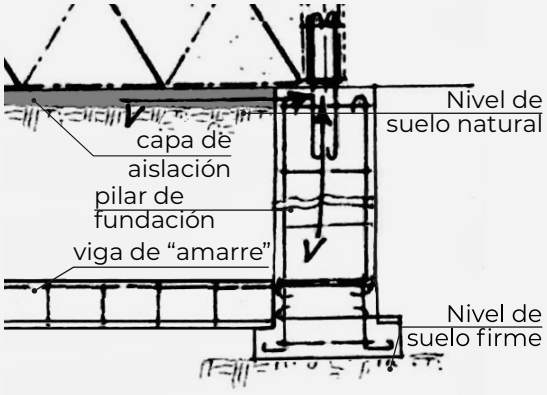


Fig. 99 Vista de la sección de cimientos del conjunto del sistema

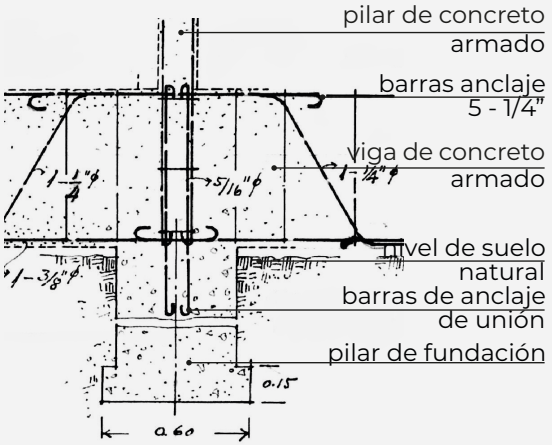


Fig. 100 Vista de la sección del encuentro entre viga, pilar y fundaciones

01 Aislación de suelo y cimientos

El sistema constructivo contempla la ejecución de pilares de fundación, los cuales pueden ser de piedra, concreto o concreto armado. Los pilares de fundación exteriores deben tener una sección mínima de 0,45 x 0,45 metros, mientras que los interiores deben tener una sección mínima de 0,40 x 0,40 metros. En caso de necesitar refuerzo estructural, se construirán vigas de concreto armado entre las fundaciones de forma que se “amarren” entre sí con el propósito de contrarrestar movimientos horizontales en caso de sismos. Previo a la construcción de pilares y vigas, se instalará una capa aisladora de concreto o de ripio con asfalto con el objetivo de evitar la penetración de humedad a la edificación y permitir una ventilación adecuada bajo el envigado de piso.

Fig. 97 - Fig. 98: Troncoso Pinto, Luis “Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo” . Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Fig. 99 - Fig. 100: Troncoso Pinto, Luis “Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo” . Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

02 Unión entre vigas, pilares y fundaciones

En el punto de encuentro entre vigas y pilares con su base de fundación, se emplearán barras de anclaje que sobresalgan al menos 0,35 metros sobre la superficie del pilar de fundación. Estas barras de anclaje serán de acero con un diámetro de 5/16 de pulgada. Esto asegura una unión sólida con las barras de la viga y del pilar que se apoya sobre esta base. Además, en la unión entre pilares y vigas, se reforzará con barras de diámetro de acero de diámetro 1 1/4 de pulgada, con el objetivo de que esta conexión pueda resistir el momento negativo de las vigas. Esta unión es esencial de resolver para garantizar la continuidad de la estructura en los encuentros de vigas y pilares.

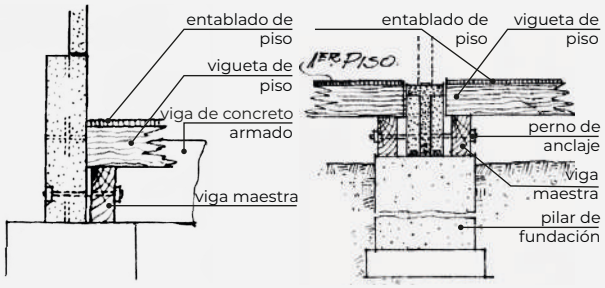


Fig. 101 (izquierda a derecha) Vista de la elevación frontal del encuentro entre fundación, viga de concreto armado y estructura de piso. (derecha) Elevación encuentro entre dos vigas maestras y viga de concreto amado.

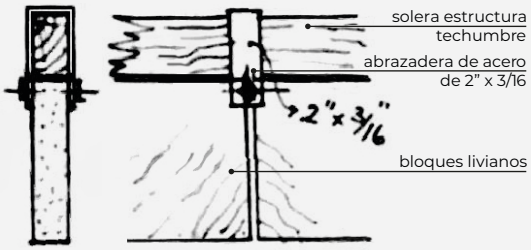


Fig. 102 Vista de la elevación transversal y longitudinal del encuentro entre vigas y solera superior.

03 Unión entre envigado de piso, vigas y pilares de concreto armado.

La conexión entre la estructura de piso y la estructura de concreto armado se logra mediante la unión de las vigas maestras de madera con la viga inferior de concreto armado a través de un perno de anclaje. Tanto las vigas de concreto armado como las vigas maestras se apoyan sobre la superficie de los pilares de fundación.

04 Unión entre estructura de techo y vigas de concreto armado

La estructura de techumbre de madera se une a la estructura de concreto armado utilizando abrazaderas de acero colocadas entre las uniones de los bloques de concreto (ver Fig. 84). En el caso existan grandes luces entre los puntos de apoyo de las cerchas, estas se fijarán en sus extremos a las paredes de apoyo de manera similar a como se une la solera a la estructura de concreto armado.

Materia prima

Especificación de los materiales

Bloques:

CONGLOMERADO: Los bloques sometidos a esfuerzos están constituídos por una mezcla de cuatro partes de yeso, cuatro de piedra pomez molida y una medida y media de cal. Los bloques de relleno (no están sometidos a cargas) están constituídos por una mezcla de dos partes y media de yeso, cinco y media de piedra pomez molida y una medida y media de cal. (además se pueden agregar fibras vegetales, aserrín o ladrillo picado para aligerar su peso.

REFUERZO: Los bloques se unen entre sí con barras de acero de diámetro 1/4" pulgada

Vigas:

REFUERZO: Para el refuerzo metálico se emplean barras de acero de distintos diámetros. Para los estribos se emplean barras de 1/4" pulgada y para barras "longitudinales" dobladas 3/8" pulgada.

CEMENTO: El concreto en vigas tiene una proporción de una parte de cemento.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: En cuanto al "esqueleto" del concreto, se compone de dos partes de arena y cuatro partes de agua (1:2:4). Su módulo de elasticidad es de Ec = 140.000, y su tasa de trabajo a la compresión es de Fc = 35 kgs x cm^2

Pilares:

REFUERZO: Para el refuerzo metálico se emplean cuatro barras de acero de diámetro 5/6" pulgadas, los cuales son amarrados con alambre del n°6. en forma de "estribos". Para las barras de anclaje de las uniones, se emplearan barras de 5/16" pulgadas de diámetro.

CEMENTO: El concreto en vigas tiene una proporción de una parte de cemento.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: En cuanto al "esqueleto" del concreto, se compone de dos partes de arena y cuatro partes de agua (1:2:4). Su módulo de elasticidad es de Ec = 140.000, y su tasa de trabajo a la compresión es de Fc = 35 kgs x cm^2

Fig. 101 - Fig. 102: Troncoso Pinto, Luis "Nuevo sistema de construcción basado en la combinación del concreto armado con blocks de un material nuevo" . Patente Chilena No. 5317. Publicado en 1923. Extraído del archivo de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial.

“UN NUEVO PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN”

HOMERO CASTRO NORDENFLYCHT

El sistema constructivo fue patentado en Chile por el arquitecto chileno Homero Castro Nordenflycht en octubre de 1924. Su aplicación ocurrió en el año 1926 en la ciudad de Valparaíso para la construcción de un edificio habitacional. La edificación, además de cumplir con el procedimiento constructivo aquí descrito, cumplió con las normativas vigentes en esa época, incluyendo las "normativas para habitaciones baratas" de 1925 y la "normativa de construcción para edificios de concreto armado del Ministerio de Obras Públicas" de 1925.

Definición

Aspectos generales del sistema C.N

El sistema constructivo se basa en la utilización de los denominados “bloques amoldados”, que cumplen dos objetivos principales. En primer lugar, el uso de estos bloques evita el empleo de encofrados o moldaje, lo que a su vez reduce los costos de materiales y acelera el procedimiento de construcción con concreto armado. Por otro lado, la utilización de estos “bloques amoldados” permiten simplificar el trabajo de instalación debido a que estos elementos son prefabricados y transportados al sitio de la construcción.

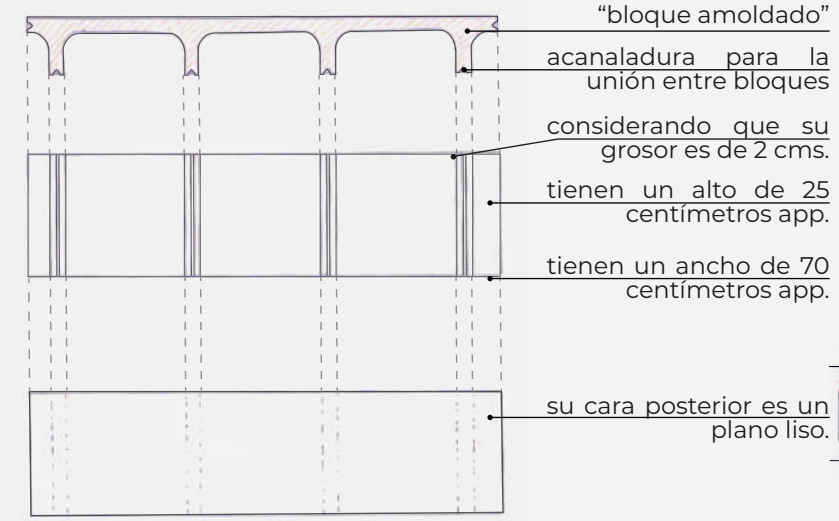


Fig. 103 (de arriba hacia abajo) vista en planta, elevación frontal y elevación posterior de un “bloque amoldado”

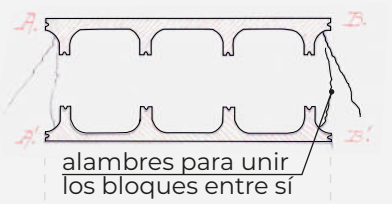


Fig. 104 Vista en planta de dos “bloques amoldados” dispuestos para su unión, frente a

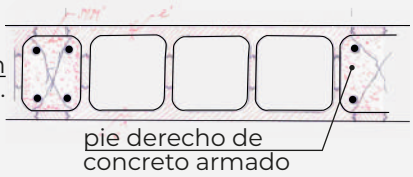


Fig. 105 Planta del conjunto del sistema.

Especificación de la fabricación e instalación

El sistema constructivo específica que los elemento estructurales de base para edificar son los bloques amoldados, a continuación se especificará su fabricación, instalación y disposición estructural.

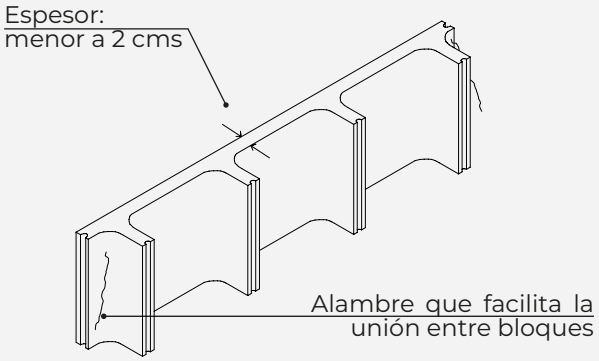


Fig. 106 Vista en isométrica de un "bloque amoldado". Estos siempre van unidos de a dos, lo que compone la unidad básica para construir con el sistema.

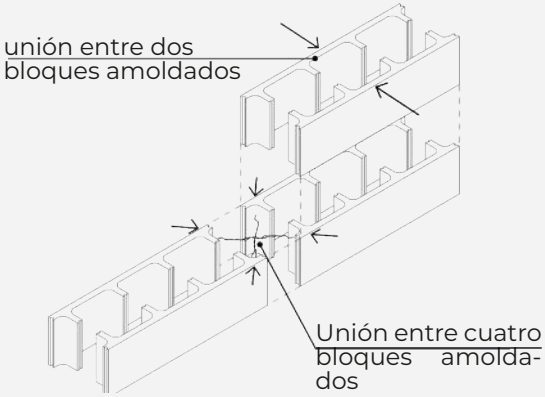


Fig. 107 Vista en isométrica de la disposición en que se unen los bloques, en primer lugar se unen dos "bloques amoldados" entre sí y luego para constituir un elemento estructural, se apilan en el caso de muros y tabi-

01 Fabricación de lo unidad básica de estructuración del sistema

El primer paso en el proceso de fabricación de los "bloques amoldados" es la selección del molde en el cual se dará forma a los bloques. Según la especificación del inventor, estos bloques no tienen una medida o forma específica predeterminada y pueden adaptarse al diseño de la edificación. Sin embargo, la invención se basa en un diseño específico de bloque (ver fig. 103). Estos bloques están compuestos por conglomerados que se obtienen mediante la acción de un aglutinante. Este aglutinante puede ser a base de yeso, de cal, de tierras cocidas, de cementos naturales o artificiales, y en algunos casos pueden incluir un armazón metálico. Los bloques se fabrican en un taller y luego son transportados al lugar de la obra, por lo que también deben ser livianos para facilitar su instalación. Además, es importante mencionar que estos bloques cuentan con alambres en en ambos extremos. (Véase Fig. 104).

Fig. 103 - Fig. 105: Castro Nordenflycht, Homero "Un nuevo procedimiento de construcción". Patente Chilena No. 5351. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Fig. 106 - Fig. 107: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente: Castro Nordenflycht, Homero "Un nuevo procedimiento de construcción". Patente Chilena No. 5351. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

02 Instalación

Como se mencionó anteriormente, estos “bloques amoldados” serán el armazón o “moldaje” para fabricar los pies derechos y vigas que componen la estructura portante del sistema. El procedimiento de instalación comienza con la unión entre los bloques, como se ilustra en la figura 104. Para unir los bloques entre sí, se deben posicionar frente a frente y conectarlos por medio de alambres que se encuentran en el interior de cada bloque y cementar las juntas o acanaladuras que llevan los bloques. Posteriormente, los dos bloques unidos se posicionan uno encima del otro en el caso de fabricar muros y tabiques, o uno al lado del otro, en el caso de losas. El espacio MM´, tal como se muestra en la figura 108, es reforzado con barras de acero y luego es rellenado para formar un elemento estructural dentro del armazón de bloques. Además, con el fin de lograr una unión más robusta, se rellenan las hendiduras entre los nervios de los bloques con mortero de cemento. Este proceso de ensamblaje y refuerzo asegura la estabilidad y la resistencia del armazón de bloques en la construcción.

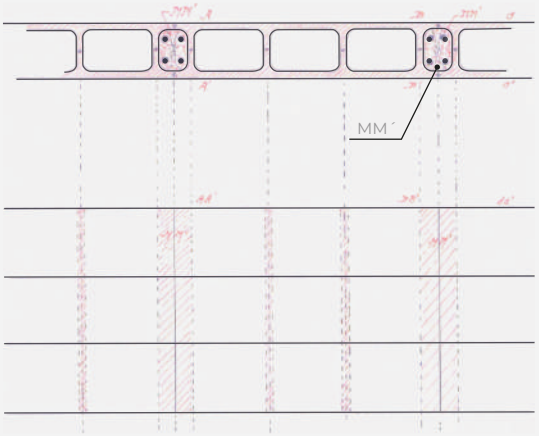


Fig. 108 Vista en planta y elevación de la estructuración de “bloques amoldados” en muro mediante el relleno y reforzado de estos, generando un pie derecho de concreto armado.

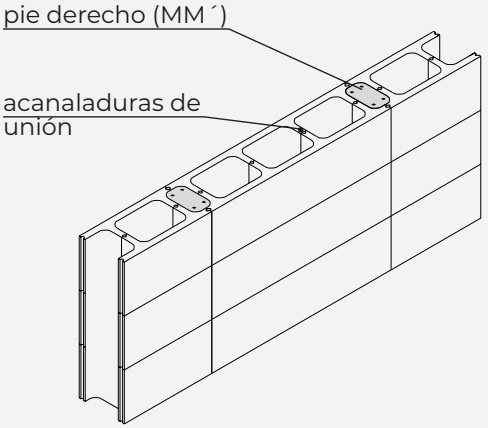


Fig. 109 Vista en isométrica de la estructuración de “bloques amoldados” en muro mediante el relleno y reforzado de estos, generando un pie derecho de concreto armado.

03 Disposición estructural en obra

La resistencia estructural del sistema depende de la sección de MM´, y a pesar de que todos los bloques son idénticos en el sistema constructivo, la sección de MM´ puede variar según las necesidades de diseño del proyecto de arquitectura. Este ajuste se logra mediante la colocación de tabletas, que están fabricadas con el mismo material que los “bloques amoldados”. Estas tabletas presentan dimensiones variables que e adaptan a las dimensiones deseadas para MM´.La unión de estas tabletas a los bloques se realiza mediante lengüetas que se insertan en las acanaladuras presentes en los “bloques amoldados” como se muestra en la figura 104.

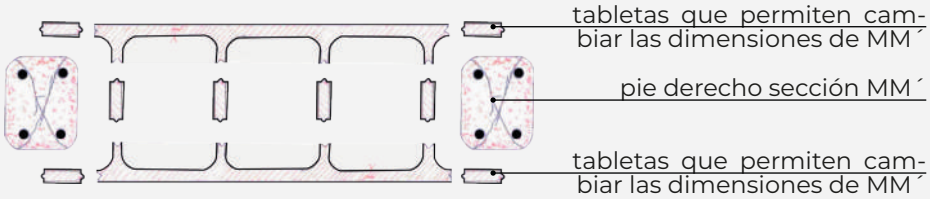


Fig. 110 Vista en planta que representa la disposición de unión de los bloques amoldados en el caso de que la sección de MM´ varíe. Entre sus juntas se coloca unas “tabletas” de dimensiones variables que van en de cinco en cinco centímetros y están fabricadas del mismo material de los bloques amoldados.

Materia prima

Especificación de los materiales

Bloques:

AGLUTINANTE: Como aglutinante se puede emplear yeso, cal, cementos naturales o artificiales, tierras cocidas, y en general todo tipo de fibrocementos.

CONGLOMERADO: El conglomerado contiene arena, grava y piedras trituradas.

REFUERZO: Se menciona la posibilidad de empleo de armazón metálico en los bloques pero no se ilustra en su planimetría.

CEMENTO: Se utiliza mortero de concreto (cemento) para el relleno de las juntas de los bloques.

Fig. 108: Castro Nordenflycht, Homero “Un nuevo procedimiento de construcción”. Patente Chilena No. 5351. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/
Fig. 109 Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente.

Fig. 110: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente: Castro Nordenflycht, Homero “Un nuevo procedimiento de construcción”. Patente Chilena No. 5351. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Relleno estructural:

REFUERZO: Barras de fierro, no se detallan sus dimensiones.

CEMENTO: Se sugiere el empleo de cementos baratos como el cemento romano, yeso con arena, y cal con arena, y se menciona el cemento Portland como la opción más cara pero que no tiene gran ventaja sobre las nombradas anteriormente.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: Se menciona el empleo de concreto para el relleno estructural, no se detallan sus proporciones.

Configuración estructural
Aplicaciones del sistema Castro Nordenflycht

01 Muros

El proceso de construcción de los muros se basa en el apilamiento de bloques amoldados. Todos los bloques que componen los muros son idénticos (como se muestra en la figura 106), y cuando se unen forman un bloque hueco único. Al rellenar y reforzar este bloque hueco con hormigón armado, se convierte en un elemento estructural conocido como “pie derecho”. A menos que se rellene con concreto armado, el muro permanece hueco. Si se desea obtener un muro macizo, los bloques sirven como encofrado para el material de relleno.

Estos bloques permiten ajustar la resistencia y el espesor del muro de acuerdo con los requisitos del diseño del proyecto gracias a las “tabletas” que se añaden en los extremos de los bloques al unir dos bloques amoldados (como se muestra en la figura 110). El diseño de los bloques se enfoca en el ahorro de material, la facilidad de transporte y la capacidad de permitir que el material con el que están fabricados trabaje a compresión. Esto se logra mediante la disposición de nervaduras que funcionan como puntos de apoyo, sustituyendo la carga por flexión por una carga por compresión.

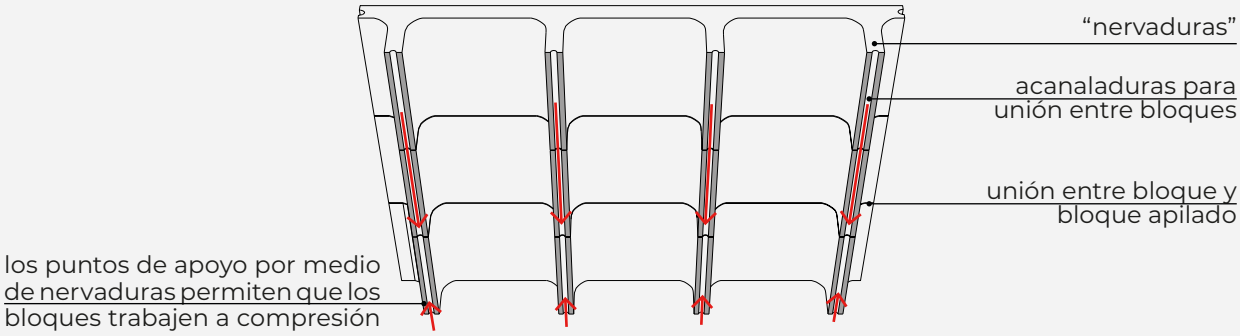


Fig. 111: Vista en perspectiva que representa la disposición de tres bloques amoldados apilados uno sobre otro, tal como se conforman los muros. En esta disposición, las nervaduras son los puntos de apoyo de los bloques, lo que crea una especie de “disposición celular”. Este diseño permite que el sistema trabaje principalmente a compresión en lugar de tracción, lo cual es beneficioso debido al buen desempeño del material cuando se somete a compresión. Esto contribuye a la estabilidad y resistencia del sistema de construcción.

02 Losas y cubiertas

La fabricación de las losas implica el uso de bloques diferentes a los utilizados en los muros. Este elemento estructural se compone de dos partes: la losa de piso y la losa de cielo. A diferencia de los bloques empleados en los muros, estas piezas moldeadas son diferentes entre sí.

Cada bloque amoldado para la losa de piso consta de una superficie de “plancha” del material descrito anteriormente, con dos nervios que actúan como puntos de apoyo. Estos nervios descansan sobre la losa de cielo, que a su vez tiene dos puntos de apoyo acanalados diseñados para recibir la carga de los nervios. Además, la losa de cielo contiene dos espacios que se rellenan con concreto armado para formar vigas encofradas dentro de los bloques amoldados de la losa de cielo.

Es importante destacar que la ejecución de las losas se lleva a cabo con la ayuda de un sistema de apuntalamiento provisional para elevar la estructura que incluye pies derechos y soleras. Además, los bloques amoldados que conforman la losa están apoyados en una estructura de vigas permanente, lo que garantiza la estabilidad y la capacidad de carga de la losa.

Fig. 111: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente: Castro Nordenflycht, Homero “Un nuevo procedimiento de construcción”. Patente Chilena No. 5351. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

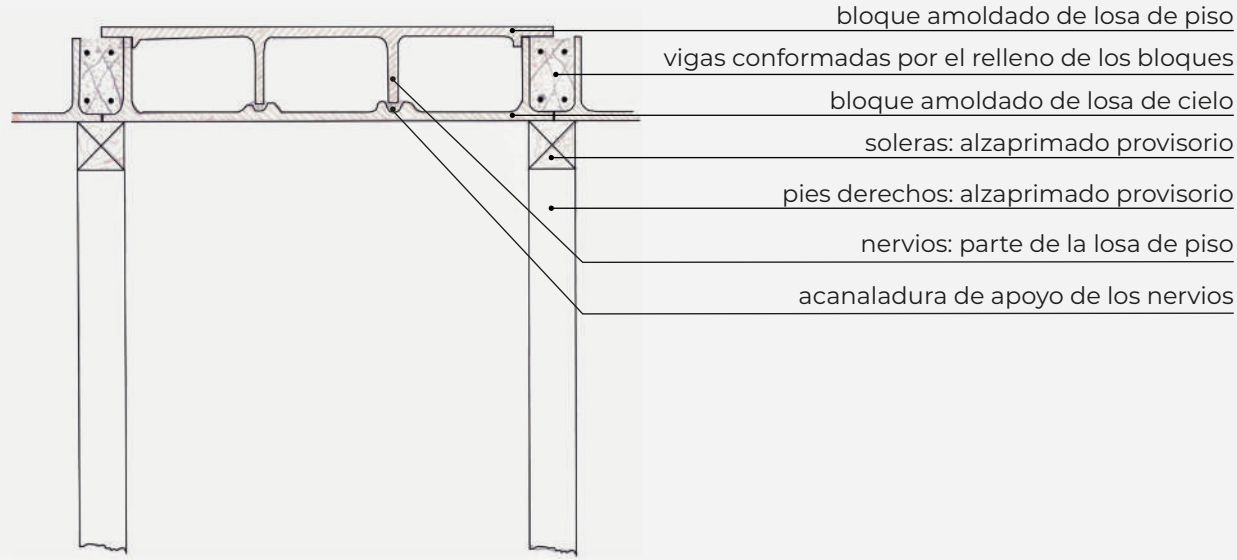


Fig. 112: Se muestra una vista en elevación que representa la disposición de la estructura de losa conformada por bloques amoldados para losa de piso y bloques amoldados para losa de cielo. Estos bloques pueden incluir un entablado de piso en el caso de los de losa de piso. La estructura se construye utilizando un alzaprimado provisional para elevarla y, para constituir la estructura de la losa, se crea un entramado de vigas que sostiene los bloques amoldados.

03 Tabiques

Los tabiques se componen de bloques amoldados con un ancho de 50 centímetros y un alto de 25 centímetros. En el canto o encuentro entre dos bloques, se incorpora una barra o "varilla" que se conecta a la losa de piso en la parte inferior del tabique y a la losa de cielo en la parte superior del tabique. Estas barras se distribuyen a intervalos de 50 centímetros a lo largo de todo el tabique. Luego, se rellenan con cemento puro, lo que crea una estructura de "pies derechos" que proporciona rigidez a la tabiquería.

Además, los bloques de tabique se unen entre sí mediante alambres flexibles que están conectados a cada bloque. Estos bloques cuentan con un machihembrado en sus cantos inferiores y superiores para facilitar la unión entre bloques y la formación de la losa de tabiquería. Este sistema de unión y refuerzo asegura la estabilidad y la firmeza de los tabiques, contribuyendo a la integridad de la construcción.

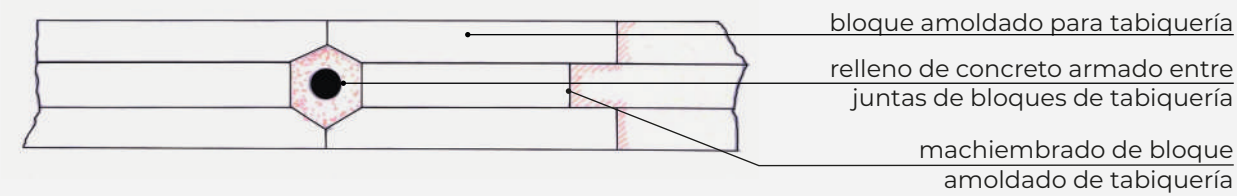


Fig. 113: Vista en corte de un tabiqu conformado por bloques amoldados especiales. En la unión entre los bloques de tabiquería se encuentra una varilla que se rellena con cemento puro. Esta varilla y el relleno de cemento se utilizan para estructurar la unión entre los bloques de tabiquería. Esto contribuye a la estabilidad y resistencia de los tabiques, asegurando la integridad de la estructura.

Fig. 112: Castro Nordenflycht, Homero "Un nuevo procedimiento de construcción". Patente Chilena No. 5351. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Fig. 113: Castro Nordenflycht, Homero "Un nuevo procedimiento de construcción". Patente Chilena No. 5351. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

"SISTEMA DE UN NUEVO TIPO DE BLOQUE DE CONCRETO PARA TABIQUES ARMADOS DE SIMPLE PARED."

EDGARDO FIGUEROA

El sistema constructivo patentado en 1926 fue concebido por el arquitecto chileno Edgardo Figueroa M. Un hecho relevante es que esta invención ya había sido objeto de solicitud de patente en 1923, y en esa ocasión, la solicitud fue rechazada. La razón principal para la negación fue que se consideró que "todo sistema de construcción, basado en unir bloques de concreto por medio de armaduras metálicas, es ya suficientemente conocido y que, en consecuencia, mi patente, tal como entonces se solicitó, no es procedente." No obstante, a pesar del rechazo inicial, el arquitecto Figueroa M. logró presentar nuevamente su sistema constructivo en 1926. En esta ocasión, hizo una distinción esencial al enfocarse en la "mejora del sistema ya existente de bloques de concreto armado". Esta mejora específica radicaba en la forma en que se rellenaban los nuevos bloques de concreto armado. A diferencia de los sistemas ya existentes, su enfoque no requería que el relleno se hiciera desde la parte superior del muro.

Definición

Aspectos generales del sistema de un nuevo tipo de bloque de concreto para tabiques armados de simple pared

El sistema constructivo se centra en la implementación de mejoras en la construcción con bloques de concreto armado. Estas mejoras se caracterizan por la introducción de un nuevo tipo de bloque de concreto comprimido a presión que simplifica la formación de estructuras de tabiques. Los bloques prefabricados han sido diseñados de manera que permiten el paso de barras de refuerzo a través de ranuras ubicadas en sus cuatro cantos, incluyendo una en su cara frontal o posterior. Estas barras conforman una especie de "malla" de refuerzo que se encuentra en el plano medio de los bloques. Este diseño proporciona continuidad y refuerzo a la estructura de los tabiques, lo que contribuye significativamente a aumentar la solidez y la estabilidad de la construcción con bloques de concreto armado.

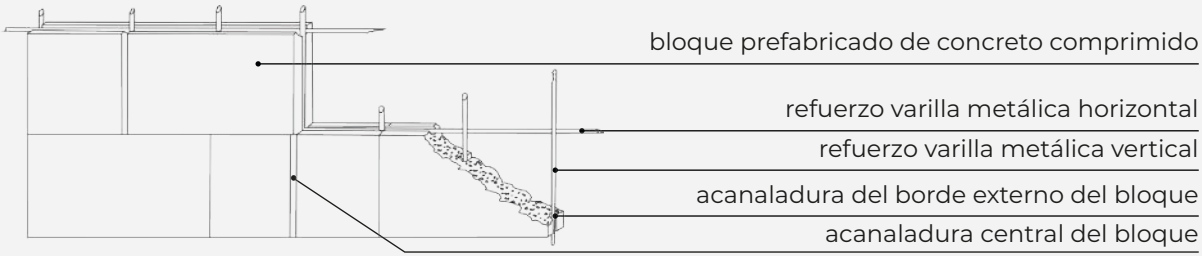


Fig. 114 Perspectiva que muestra la disposición de los bloques para la conformación de tabiques

Especificación de la fabricación e instalación

01 Fabricación de bloques

El sistema constructivo se fundamenta en el empleo de bloques rectangulares fabricados mediante la compactación a alta presión de concreto (sin especificar el procedimiento exacto). Estos bloques, al ser colocados de forma contigua, se ensamblan mediante barras de hierro para constituir un sólido tabique armado.

Para proporcionar detalles adicionales, cada bloque tiene dimensiones aproximadas de 50 centímetros de ancho, 33 centímetros de alto y 8 centímetros de espesor. En los cantos laterales de cada bloque se encuentra una ranura, de manera que cuando dos bloques se unen, las ranuras de uno coinciden con las del otro, formando un espacio cilíndrico a través del cual pasa una barra metálica vertical. Además de estas ranuras, cada bloque cuenta con una acanaladura central en una de sus caras, diseñada para permitir el paso de una barra metálica vertical adicional. Una vez instaladas las barras, se procede a rellenar las ranuras y acanaladuras.

En el plano horizontal, cada bloque dispone de una ranura en la parte superior de su canto, diseñada para acomodar una barra metálica horizontal. Esta ranura tiene un ancho mayor que el diámetro de la barra de hierro, permitiendo así alternar la disposición de las barras verticales, lo que resulta en el entrelazamiento de las barras verticales con las horizontales, formando así una malla metálica interna.

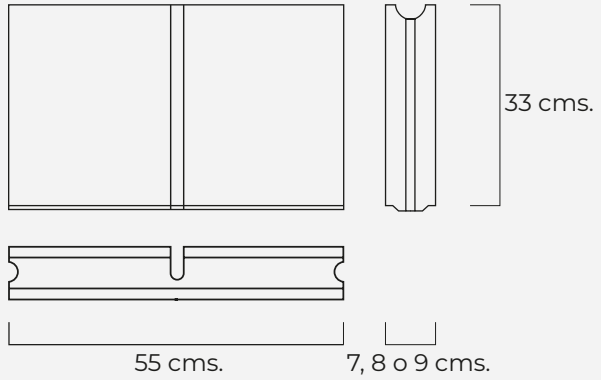


Fig. 115 Elevación frontal, elevación de costado y vista planta del bloque prefabricado de concreto

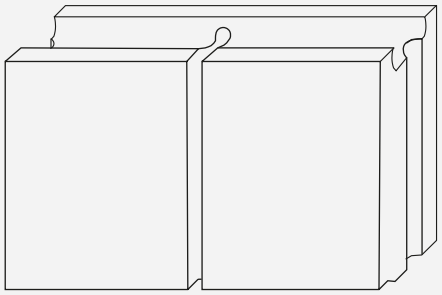


Fig. 116 Vista en perspectiva de bloque prefabricado de concreto

Fig. 114: Redibujado a partir de la patente, Figueroa, Edgardo "Sistema de tabiques y muros de concreto armado". Patente Chilena No. 5784. Publicado en 1926. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Fig. 115 - Fig. 116: Redibujado a partir de la patente, Figueroa, Edgardo "Sistema de tabiques y muros de concreto armado". Patente Chilena No. 5784. Publicado en 1926. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: Barras de fierro para un refuerzo exterior de los bloques.

CONCRETO: Los bloques están compuestos de concreto, haciendo énfasis en su correcto apisanado a presión.

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema de un nuevo tipo de bloque de concreto para tabiques armados de simple pared

01 Tabiques

En el proceso de estructuración del tabique, siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente, la malla metálica compuesta por las barras verticales que se entrelazan con las horizontales actúa como un refuerzo externo, ubicado precisamente en el plano central de cada bloque. Posteriormente, esta malla se recubre con una mezcla de concreto a través de las ranuras incorporadas en cada bloque, con el propósito de integrar de manera efectiva el conjunto de bloques.

El sistema constructivo y la disposición estratégica de las ranuras que permiten el paso de las barras facilitan la organización de estas barras, aseguran la uniformidad de la mezcla de relleno y permiten un control más preciso del proceso de llenado de concreto armado en el conjunto de bloques. A diferencia de otros sistemas de bloques de concreto armado, no es necesario introducir las barras desde la parte superior del tabique una vez que este ya está conformado, y se argumenta que este enfoque evita problemas relacionados con la compactación adecuada del relleno de concreto.

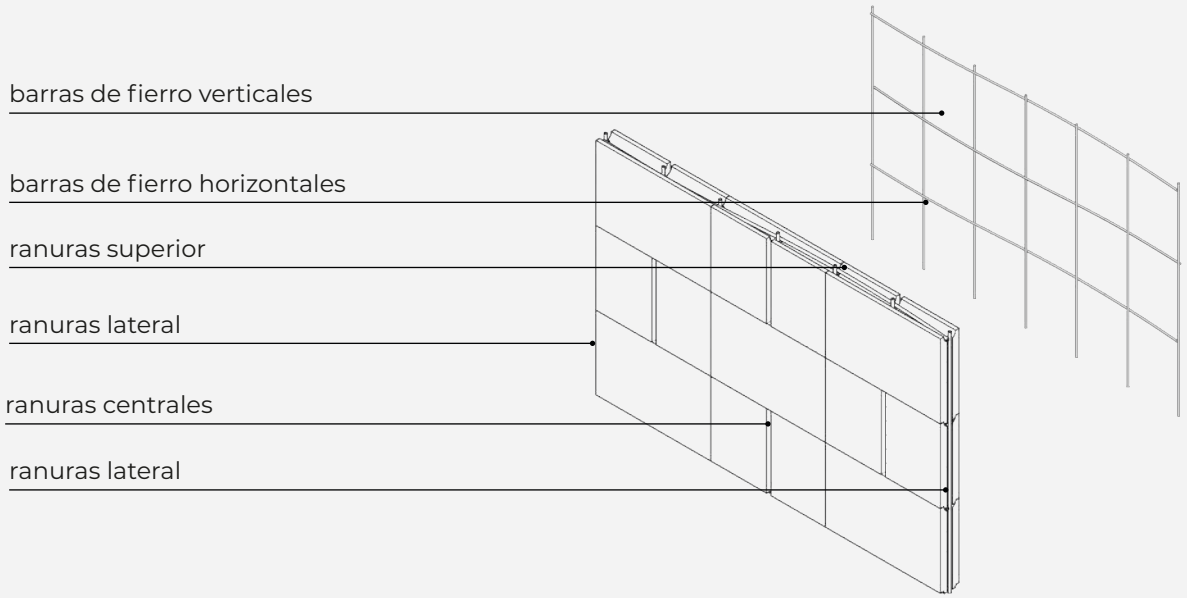


Fig. 117 Vista en isométrica del conjunto de bloques dispuestos para formar un tabique y la malla metálica interna del tabique.

Fig. 117: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente, Figueroa, Edgardo "Sistema de tabiques y muros de concreto armado". Patente Chilena No. 5784. Publicado en 1926. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/



PATENTES DE INVENCIÓN DESARROLLADAS EN EL EXTRANJERO E INTRODUCIDAS EN CHILE ENTRE 1906-1930

La segunda parte del estudio de patentes involucra la exposición, descripción y determinación de aportes técnicos y constructivos de los sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos introducidos y patentados en Chile entre 1906 y 1930, y que refieren a innovaciones desarrolladas en el extranjero.

De las 12 patentes analizadas, 4 son invenciones introducidas en Chile y desarrolladas en otros paises. Además se incluye una patente titulada "Mejoras en cielos" de 1923, cuyo autor no ha sido identificado.

Las patentes a analizar son las siguientes:

- Patente N°2349 por Marco Aurelio Boldi (1910)
- Patente N°2783 por Autor Desconocido (1912)
- Patente N°5361 por Autor Desconocido (1923)
- Patente N°5354 por Pedro Bernardo Loyeau (1924)
- Patente N°5910 por Rafael Trozzo (1926)

◄ **Fig 118** : Artículo sobre la prueba del sistema "Boldi". Extraído de Revista Sucesos. Valparaíso : [s.n.], 1902-1932 (Valparaíso : Universo) 32 v., n° 474-486, (5 oct.-28 dic. 1911).

"CONSTRUCCIÓN EN MADERA CEMENTADA, REFORZADA Y PROTEGIDA"

MARCO AURELIO BOLDI

El sistema constructivo fue concebido por el ingeniero italiano Marco Aurelio Boldi y posteriormente patentado en Chile por el arquitecto Ricardo Castellani en 1910. Su primera implementación en el país tuvo lugar en 1911 durante la construcción de viviendas para trabajadores en la población San Eugenio, Santiago (Sottorff, 2020). Según Guarda & Rodríguez (2013), este sistema experimentó una alta demanda como respuesta al incendio de Valdivia en 1909, aunque no logró obtener resultados satisfactorios.

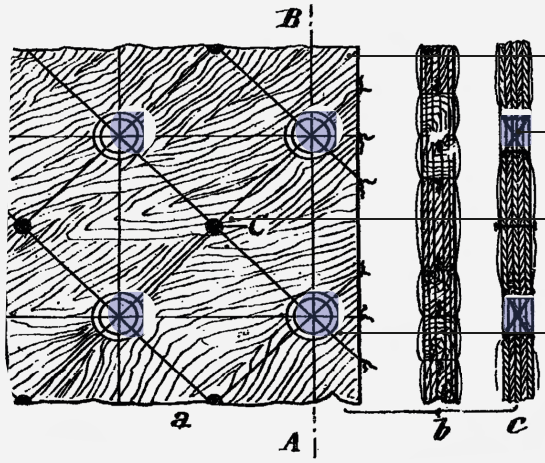
La patente surgió como resultado de las investigaciones de Boldi relacionadas con la construcción de viviendas de carácter social. Su objetivo era abordar la creciente necesidad de viviendas para los trabajadores en el contexto de la expansión industrial y la urbanización de las ciudades. Estos conceptos se plasmaron en su libro titulado 'Le Case Popolari: monografia completa tecnico-economico-sociale', publicado en 1910, que incluye un capítulo dedicado a su invención.

Definición

Aspectos generales del sistema Boldi

El sistema Boldi se presenta como un sistema de construcción de rápida ejecución y rentable, al mismo tiempo que brinda protección contra incendios al recubrir su estructura de madera con una mezcla de cemento y arena lavada, además de tener cada cierta distancia unos "pernos" de cemento armado. Este sistema se caracteriza por su carácter monolítico y su sistema de concadenamiento, lo que otorga la capacidad de resistir sismos de manera efectiva.

El sistema propone el uso placas de entablados de madera sin cepillar, dispuestas de tal manera que las fibras se orienten en cuatro posiciones distintas para soportar tensiones en todas las direcciones. Estas placas se amarran mediante alambres de refuerzo que atraviesan agujeros en todo el espesor del material. Para completar el proceso, se recubre toda la estructura con una mezcla de cemeno y arena, y adicionalmente se recubren los agujeros por donde pasan los alambres con una mezcla de cemento, lo que en su conjunto forma unos "pernos" de cemento armado.



Entablado de madera sin cepillar: consta de cuatro capas sobrepuestas y dispuestas en distinas orientaciones.

(En azul) pasaderos o agujeros de diámetro entre 5 a 10 cms. y dispuestos cada 20 a 50 cms. unos de otros.

Clavos o remaches dispuestos regularmente unos de una cara y otros por la otra del conjunto de entablados.

Las líneas rectas representan el alambre de hierro o acero no galvanizado que "cosen" la estructura ø 1,5 a 3 mm.

Fig. 119 (De izquierda a derecha) a es una elevación frontal del entablado de madera sin cementar, b es elevación lateral y c es la sección AB.

Instalación y herramientas

Especificación de la fabricación e instalación

La fabricación del material patentado puede llevarse a cabo tanto en un taller como en el mismo sitio de la construcción. A continuación, se presenta un detalle del proceso constructivo para su fabricación.

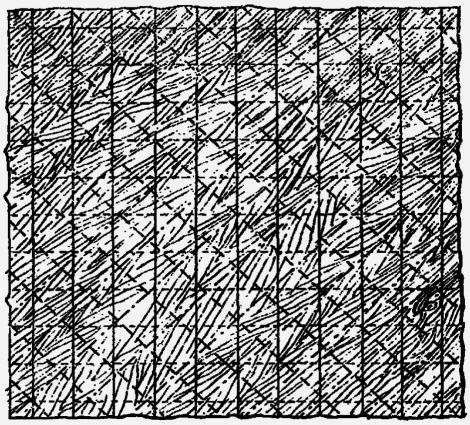


Fig. 120 Vista en planta de la disposición de cuatro paños de entablado dispuesta en distintas orientaciones. Con líneas enteras las tablas dispuestas verticalmente, con líneas y punto las dispuestas diagonalmente, con línea en trazo las diagonal inversas y con línea en trazo más delgada las horizontales.

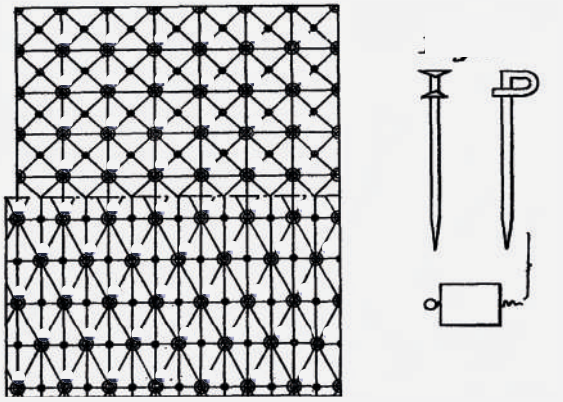


Fig. 121 (A la izquierda). Se muestra el patrón de retícula para organizar la conclavazón del entablado y la posición de los agujeros y cables de la placa. (A la derecha) Representa varias formas de clavos y elementos de unión de las placas de entablados.

Fig 119 - Fig. 121: Boldi, Marc´ Aurelio "Improvements in or relating to Building Materials." Mejoras en o relacionadas con los materiales de construcción. Patente del Reino Unido No. 190925370. Publicado en 1910. Extraído del buscador de patentes internacionales de la organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) https://www.wipo.int/portal/es/ en 2023

01 Embreado y sobreposición de entablado

Se emplearán cuatro placas de entablado de madera sin cepillar y tratadas con un material como la brea o uno similar que posea propiedades hidrófugas y antisépticas. Este tratamiento permite la adherencia del cemento a la superficie de la madera. A continuación, se sobrepondrán las tablas de acuerdo a una disposición específica: la primera placa tendrá sus fibras orientadas horizontalmente, la segunda se ubicará en dirección diagonal con respecto a la primera, la tercera placa se dispondrá en dirección diagonal opuesta a la segunda y la cuarta placa se dispondrá en orientación vertical.

02 Clavado

Las cuatro placas se conectan utilizando clavos estándar, remaches o clavos espieciales (ver Fig. 121). Estos elementos de fijación se colocan de manera regular en ambos lados del conjunto y a una distancia uniforme entre sí. Esta disposición de clavos se realiza en el cruce de un patrón de retícula marcado en la superficie (ver Fig. 121), permitiendo la unión a través de todo el espesor de las tablas. La distancia entre los clavos puede variar en función del propósito estructural asignado a cada paño de material, abarcando un rango entre 20 a 50 centímetros.

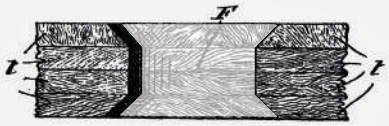


Fig. 122 Sección que muestra el orificio hecho en los tableros. Estos orificios se ensanchan convenientemente hacia las dos caras del bloque de tablero.

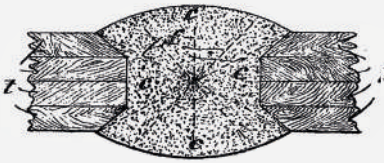


Fig. 123 Sección que muestra un orificio rellenado con mortero de hormigón de fraguado rápido, formando así pernos de cemento reforzado con alambre de acero o hierro.

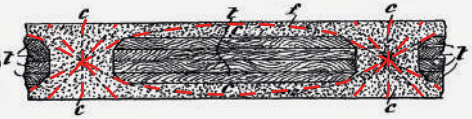


Fig. 124 Sección horizontal de una losa terminada. La línea discontinua roja representa el alambre en su posicionamiento final. Este no se adhiere a las caras de la madera, sino que forman una curva. Además se ve el grosor del revestimiento que varía en casos comúnes entre 10 a 50 mm.

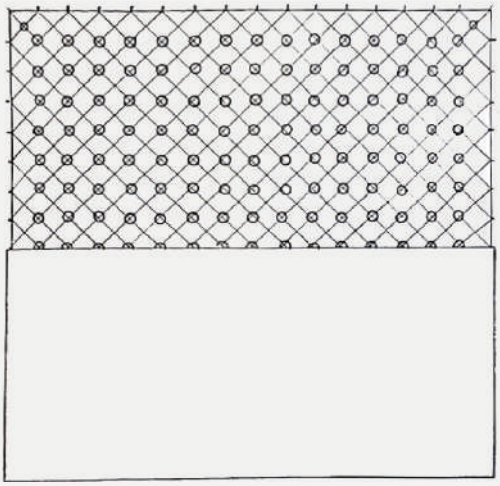


Fig. 125 Elevación de una placa “Boldi”. Los círculos representan los orificios por donde se pasa el alambre para coser la estructura de madera. Las lineas continuas representan el alambre de la estructura, y el área blanca representa el revestimiento de cemento de la placa.

03 Perforación y costura

En las placas se incorpora una serie de perforaciones (que pueden ser circulares, cuadradas o rectangulares), dispuestas uniformemente y colocadas entre los clavos. Estos agujeros tienen un diámetro que oscila entre 5 a 10 centímetros. Estas aberturas se fabrican con berbiquí o sierra de tronzar, y luego son ensanchadas de forma que las dos capas exteriores de la placa se abren angularmente al exterior para evitar que el alambre quede adherido a la madera. Luego se aplica el tratamiento de “brea” al interior de los orificios, y mediante el uso de alambre de hierro crudo o de acero no galvanizado se realiza una costura que atraviesa la placa desde adentro hacia afuera, cubriendo toda la superficie de la placa pero no adheriendose a ella.

04 Recubrimiento de cemento

Posteriormente, los orificios son rellenanados con mortero de cemento de fraguado rápido, dando forma a pernos de cemento reforzado con alambre de hierro o acero, con el propósito de mantener las placas rígidas. Inmediatamente después, tanto la cara interna como la externa de la placa son revestidas con una mezcla de cemento y arena a fraguado rápido o lento. El espesor del revoque puede variar, siendo comúnmente de 10 a 50 mm. Este proceso se ejecuta en dos etapas: en la primera etapa se aplica una capa de cemento y arena para nivelar la superficie y cubrir cualquier irregularidad en la placa, y en la segunda etapa se aplica el revoque. Cabe mencionar que todo este proceso se realiza a las piezas una vez colocadas en su sitio.

Fig. 122 - Fig. 124: Boldi, Marc´ Aurelio “Improvements in or relating to Building Materials.” Mejoras en o relacionadas con los materiales de construcción. Patente del Reino Unido No. 190925370. Publicado en 1910. Extraído del buscador de patentes internacionales de la organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) https://www.wipo.int/portal/es/ en 2023.

Fig. 125: Boldi, Marc´ Aurelio “Le Case Popolari : monografia completa tecnico-economico-sociale” La Casa Popular: monografía técnica-económica-social completa. Milano : Ulrico Hoelpli, 1910.

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: Se emplea alambre de hierro sin tratamiento o acero sin galvanizado, con un diámetro que varía entre 1,5 y 3 mm. La rigidez del alambre generalmente se encuentra en un rango de 8 a 40 mm.

CEMENTO: Para el relleno de los agujeros se emplea una combinación de cemento y arena lavada de fraguado rápido. En la superficie de las placas, se aplica una mezcla de cemento y arena de fraguado rápido o lento. Además, se considera la posibilidad de utilizar materiales como yeso, cal hidráulica y cal común.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: En todas las mezclas que incluyen cemento, se emplea arena. Además, se utiliza ripio en los bordes de las placas como parte del proceso constructivo.

MADERA: La elección de la madera puede variar en términos de calidad, en función de la capacidad requerida para soportar los esfuerzos de la estructura construida. La madera óptima es aquella que presenta un mayor número de irregularidades y nunca ha sido sometida a cepillado, lo que la hace más económica.Su tratamiento se realiza con materiales antisépticos e impermeables que permitan la adherencia del hormigón a la superficie de la madera, se menciona la utilización de “Brea”.

OTROS: Tablero asfáltico comprimido para cubiertas y losas. Clavos comúnes, remaches para uniones.

03 Losas

Para fabricar muros continuos o con angulación, las placas pueden ser ensambladas entre sí; su unión se realiza antes de que las placas sean revestidas con cemento y arena lavada. En el caso de la unión de dos placas en el mismo plano, se lleva a cabo un enclavamiento, machihembrado u algún otro método que una las caras internas entre dos placas. Por otro lado, las dos caras exteriores (aquellas en contacto con el hormigón) se posicionan a una cierta distancia, la cual varía según el espesor de la tabla (12 mm de separación por cada centímetro de espesor). Además, los bordes de las tablas exteriores se chanflean (Ver Fig. 127). Es importante destacar que este procedimiento no es estrictamente necesario, y existe la posibilidad de machihembrar las cuatro capas de tablas en un eventual caso.

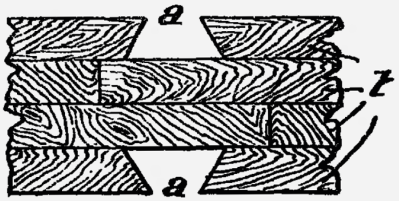


Fig. 126 Sección que muestra dos placas de entablado y su ensamblaje. Las dos capas exteriores se sitúan a una distancia específica y sus bordes son flanqueados. La unión se refuerza significativamente al recubrir esta zona con cemento.

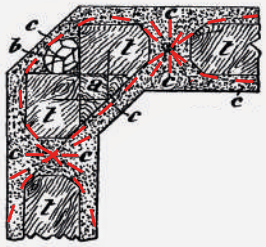


Fig. 127 Sección horizontal de dos losas unidas entre sí mediante la incorporación de un pie derecho que permita afirmar las placas para luego ser “cosidas” con alambre (línea segmentada roja).

Para unir placas que se encuentran en diferentes planos, se sigue un proceso específico. Las placas se colocan a cierta distancia, ajustándolas según el ángulo requerido y apoyándolas hacia adentro sobre un soporte vertical con una sección triangular. Este soporte se asegura en la placa mediante clavos remachados y se fija con alambre triple que atraviesa los agujeros cercanos a los bordes de las placas. Este proceso de cosido puede repetirse según las necesidades de cada unión. Posteriormente, se verifica que todos los alambres estén debidamente separados de la superficie de la madera, y en caso contrario, se corrige utilizando pequeñas cuñas piramidales de madera dura que se clavan entre los alambres y la madera. Luego, los espacios se llenan con mortero de cemento mezclado con arena lavada, siguiendo el mismo procedimiento de relleno de agujeros que se realiza en cada placa. Esta secuencia se ilustra en la figura 128.

Fig. 126 - Fig. 127: Boldi, Marc´ Aurelio “Improvements in or relating to Building Materials.” Mejoras en o relacionadas con los materiales de construcción. Patente del Reino Unido No. 190925370. Publicado en 1910. Extraído del buscador de patentes internacionales de la organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) https://www.wipo.int/portal/es/ en 2023.

02 Cubiertas

Cuando se emplea la placa “Boldi” para cubiertas, se implementan ciertas modificaciones. Se agrega una capa adicional de cartón asfáltico comprimido hacia el exterior, el revestimiento exterior se aplica con mayor espesor y la distancia entre los orificios se reduce en un 30% en comparación con la disposición habitual. Estas adaptaciones tienen como objetivo reforzar la impermeabilización de la estructura.

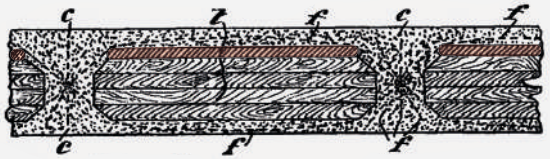


Fig. 128 Sección transversal que muestra la adhesión de una capa de cartón asfáltico (marcado en rojo) y del aumento del espesor del recubrimiento de cemento exterior para las cubiertas.

03 Losas

Para aplicación de la patente en losas, se refuerzan las placas implementando tres capas adicionales de madera (ver Figura 129). Estas capas incrementan el grosor total de la losa en dirección hacia la “peligrosa línea de inflexión” (Boldi, 1910), con el propósito de prevenir fallas por flexión en la estructura. Además, las placas incorporan refuerzos de barras de acero dispuestas (como se muestra en la figura 128). Estas barras refuerzan el revestimiento de cemento y funcionan como elementos de tensión para resistir la flexión de la estructura. La unión de la intersección de las barras se cementa al igual que los pasadores de alambre.

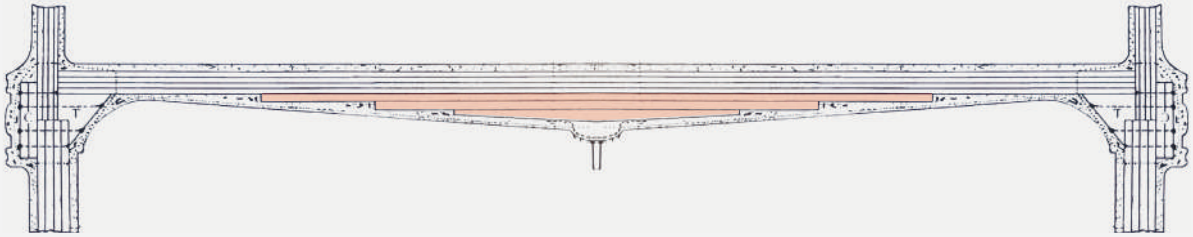
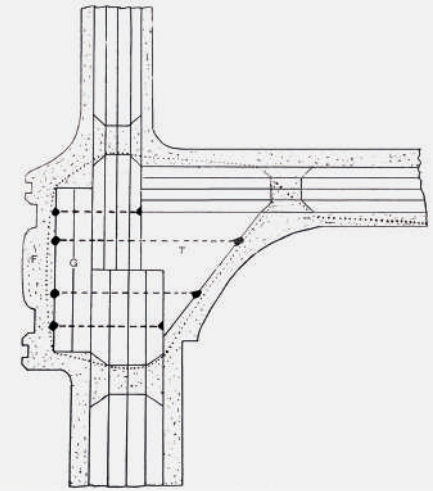


Fig. 129 Sección transversal de losa y muros. Para losas se utiliza un espesor de placa de 8 centímetros y se refuerza con tres capas de entablado, las dos interiores con un espesor de 3 centímetros y la capa externa de 5 centímetros (marcadas en rojo). Estas capas extra tienen la función de aumentar el espesor de piso hacia su momento flector máximo.



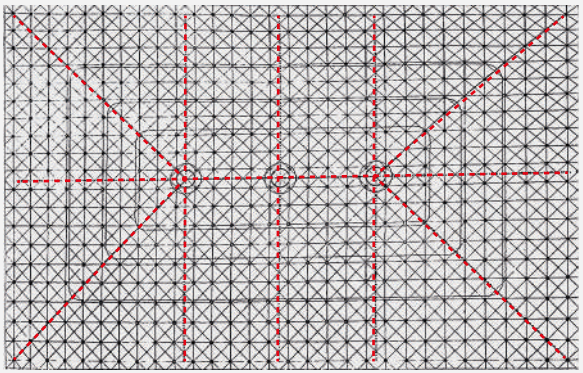


Fig. 130 sección transversal de la unión entre el muro y la losa. En la construcción de edificaciones, es necesario reducir el espesor de los muros entre los distintos niveles. En el punto de encuentro entre el muro, la losa y el muro, se introducen dos elementos adicionales: una viga (identificada como "T" en el dibujo) que se corta en diagonal y que permite la unión entre las placas de madera del piso inferior y el primer piso, así como una doble placa de madera (identificada como "G") que funciona como tapajuntas. Estos componentes se conectan mediante una confluencia y se unen mediante costuras (representadas por una línea segmentada), de modo que se genere una unión robusta y monolítica.

Fig. 131 Sección horizontal de una losa sin cementar. Las líneas segmentadas rojas representan los tirantes de refuerzo de barras de acero y las lineas continuas negras representan las capas extra de entablado que se muestran en la Fig. 129

Fig. 128 - Fig. 129: Boldi, Marc´ Aurelio "Le Case Popolari : monografia completa tecnico-economico-sociale" La Casa Popular: monografía técnica-económica-social completa. Milano : Ulrico Hoelpli, 1910.

Fig. 130 - Fig. 131: Boldi, Marc´ Aurelio "Le Case Popolari : monografia completa tecnico-economico-sociale" La Casa Popular: monografía técnica-económica-social completa. Milano : Ulrico Hoelpli, 1910.

"NUEVO SISTEMA PARA CONSTRUIR MUROS ECONÓMICOS CON BLOQUES DE CEMENTO ARMADO"

AUTOR DESCONOCIDO

Es interesante notar que este sistema constructivo, patentado en Chile en 1912, el cual se basa en el uso de bloques de hormigón prefabricados, no encuentra registrado el nombre de su inventor ni la correspondiente planimetría adjunta en el archivo del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

Sin embargo, se referencia a los bloques “Ideal”, “Boldi”, “Hércules” y otros en la patente del sistema Castro y Sibillá, donde se enfatiza en la falta de refuerzo interno en estos bloques, señalando una diferencia clave con el sistema Catro y Sibillá. Se menciona que el hecho de que el sistema patentado incluya refuerzo de fierro o acero en sus bloques de cemento armado lo hace potencialmente más resistente y adecuado para aplicaciones estructurales, en contraste con los bloques mencionados que carecen de este refuerzo[1].

La revista "Cement Age" de 1907 informa sobre la importación a Chile de maquinarias de la compañía estadounidense "Ideal Machinery Co." a través del puerto de Valparaíso. Estas maquinarias, según el catálogo de "Ideal Concrete Machinery Co." de 1907, tenían la capacidad de producir bloques de concreto conocidos como "Bloques ahuecados ideales para muros". No obstante, no se ha encontrado documentación de una patente relacionada con estos bloques, y la verificación de que los bloques fabricados con esta maquinaria correspondan efectivamente a los mencionados en la patente presenta dificultades.

Definición

Aspectos generales del sistema "ideal"

El sistema constructivo se presenta como una solución económica, de rápida implementación y que “destaca por su higiene en comparación con las técnicas previas a su desarrollo”, según el autor.

Su fundamento consiste en la edificación de muros mediante el uso de bloques de hormigón prefabricados, los cuales son reforzados con alambre de acero. Cada bloque cuenta con un espacio interno vacío que facilita el paso de una barra de acero, permitiendo posteriormente la incorporación de una mezcla de cemento que posibilita la unión entre los bloques.

Instalación y herramientas

Especificación de la fabricación e instalación

El sistema constructivo se fundamenta en la unión entre los bloques de concreto armado, al ser superpuestos en una disposición invertida, debido al diseño de sus juntas. Los empalmes en las junturas verticales no se alinean en las filas subsiguientes. Esta configuración genera una trabazón tanto vertical como horizontal que otorga solidez al muro.

01 Moldaje

La fabricación de los bloques se realiza con el empleo de moldaje de fundición, en el cual se vierte hormigón y se coloca el alambre de refuerzo, manteniendo un espaciado de 8 centímetros entre ellos. Este refuerzo se posiciona de manera similar a la configuración del corte horizontal del bloque.

02 Bloques

Cada bloque está compuesto por planchas y en el punto de unión de estas, en el centro del bloque, se encuentra un agujero destinado a permitir el paso de una varilla de acero que previamente ha sido colocada durante la construcción de los cimientos de la edificación.

03 Refuerzo

Las barras de acero son instaladas durante la construcción de los cimientos de la edificación. Estas se posicionan de manera que coincidan con los agujeros presentes en cada bloque de concreto. Al ubicarlas una al lado de la otra, se generan los muros.

04 Unión

La interconexión del sistema de disposición de bloques se logra cuando, al avanzar a la siguiente fila de bloques, estos son colocados de forma invertida. Esto resulta en que la superposición de los bloques encajen entre sí y se entrelacen logrando una unión sólida y trabada.

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: Barras de acero o fierro y alambre de fierro para el refuerzo interno de cada bloque.

CEMENTO: Se desconoce las especificaciones del cemento.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: Se desconocen las especificaciones del empleo de arena, piedra y grava, pero se menciona la utilización de “hormigón de buena calidad” para la fabricación de bloques.

2. Castro Basaez, Santiago; Sibillá, Federico “por mejoras económicas i técnicas en las construcciones de Cemento armado, mediante la supresion de los costosos i difíciles moldes i andamios destinados a depositar el concreto reforzado con fierro,o acero, en los tapiales i tablazones con que se construyen estas obras”. Patente Chilena No. 2720. Publicado 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).
3.Revista "Cement age".
4. Catalogo de productos de la compañía "Ideal Concrete Machines. South Bend, Ind". Publicado en 1907 por "Ideal Concrete Machinery Co."

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema "ideal"

01 Bloques prefabricados.

El sistema constructivo incluye cinco variantes de bloques de concreto reforzado, adaptadas a diversas funciones constructivas: el primero es para múltiples tipos de muros, el segundo se emplea en puertas y ventanas, el tercero en las esquinas, el cuarto en arranques y el quinto en edificios dobles. Cada bloque está diseñado específicamente según su uso, pero todos comparten una característica común: una cavidad en el centro que permite el paso de una barra de acero de manera vertical, así como una ranura que facilita la creación de empalmes. Ambas cavidades son rellenadas con cemento para generar una trabazón que asegure una unión sólida entre elementos.

"MEJORAS EN CIELOS O TECHOS DE LOSAS DE CONCRETO ARMADO"

AUTOR DESCONOCIDO

El siguiente sistema constructivo, patentado en Chile en 1923, no encuentra registrado el nombre de su inventor ni la correspondiente planimetría adjunta en el archivo del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). Se desconocen las razones de lo anterior.

Definición

Aspectos generales del sistema de mejoras en cielos o techos de losas de concreto armado

Este sistema constructivo se basa en la invención de un cielo o techo de losa de concreto armado portátil, diseñado para minimizar el consumo de materiales y simplificar su instalación. La particularidad de este sistema se encuentra en la conexión entre la estructura de la losa de concreto armado y la estructura que soporta esta placa de concreto armado. La losa se encuentra suspendida de la estructura portante mediante un sistema de tirantes y estructuras metálicas, lo que, al mismo tiempo, permite la unión de las placas de concreto armado que conforman la losa.

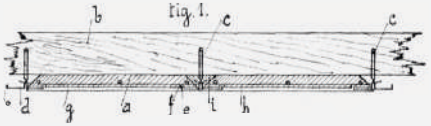


Fig. 132 Corte de losa y estructura portante

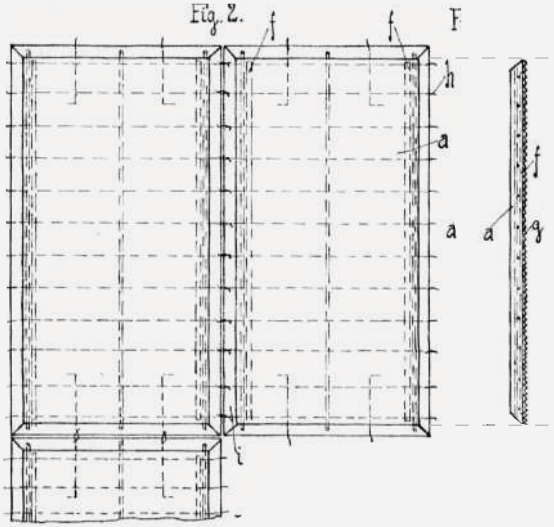


Fig. 133 Vista en planta de losa

Fig. 134 Elevación de losa

a: losa de concreto armado.

b: viga portante de carga.

c: tirantes de alambre.

d: "canal" metálica insertada en acanaladura.

e: parecido a "canal" metálico tipo "u".

f: acanaladuras alargadas en la cara inferior de la losa.

g: la cara inferior de la losa es rugosa.

h: alambres que facilitan la unión entre las placas que conforman la losa.

i: relleno de concreto que permite generar una unión sólida entre placas que conforman la losa.

Especificación de la fabricación e instalación

El sistema constructivo se fundamenta en la interconexión de las placas de concreto armado que conforman la losa, así como también en la junta entre la losa y la viga de madera que soportará la carga de esta estructura suspendida.

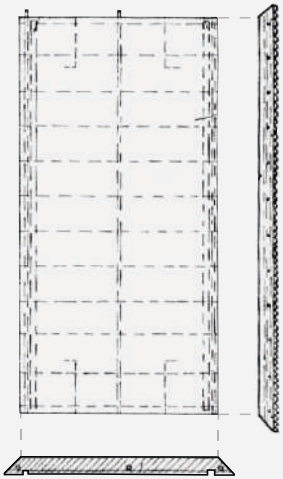


Fig. 135 Vista en planta de placa de losa, vista en corte y vista en elevación

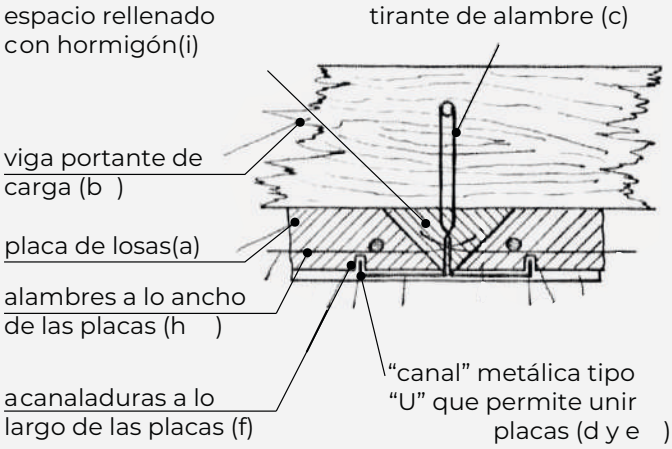


Fig. 136 Corte que muestra la unión entre la losa de concreto armado y la viga que soporta el peso de esta

01 Fabricación de placas de losa.

Las placas están compuestas por concreto reforzado y presentan una estructura que facilita su unión y formación de losas. Cada placa contiene tres barras de acero a lo largo de su longitud y doce secciones de alambre dispuestas en su ancho para proporcionar refuerzo. Su diseño incluye características específicas para permitir la unión entre las placas y formar las losas de manera eficiente: En primer lugar, la cara inferior de cada placa, se encuentran dos acanaladuras alargadas que permiten el paso de una placa metálica en forma de ‘U’. Estas acanaladuras sirven como un sistema de anclaje para unir las placas. En segundo lugar, los extremos de las placas están diseñados de manera que se inclinan hacia la cara inferior, creando un espacio que se rellena al unir las placas adyacentes. Este diseño facilita la unión y asegura una conexión estable. Y por último, en la cara inferior de las placas, a lo largo de su anchura, se incorporan una serie de “dentaduras” que actúan como puntos de referencia para garantizar la correcta alineación de las placas de concreto armado en el proceso de unión.

Fig. 132 - Fig. 134: Autor desconocido “Mejoras en cielos o techos de losas de concreto armado” . Patente Chilena No. 5361. Publicado en 1923. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial.
http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Fig. 135 y Fig.136: Autor desconocido “Mejoras en cielos o techos de losas de concreto armado” . Patente Chilena No. 5361. Publicado en 1923. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial.
http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: Barras de fierro o acero para el refuerzo de las placas prefabricadas de losa de hormigón armado y alambre de fierro para el refuerzo de las placas prefabricadas de losa de hormigón armado y para el sistema de unión de la losa con las vigas de madera.

CEMENTO: Se utiliza mortero de concreto (cemento) para el relleno de las juntas de las placas que conforman la losa.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: Se emplea hormigón para fabricar las placas de la losa de hormigón armado, se desconocen sus proporciones.

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema de mejoras en cielos o techos de losas de concreto armado

01 Cielos

La aplicación de este sistema se limita a ser una alternativa fácil, rápida y económica para fabricar cielos suspendidos de concreto armado. La aplicación de esta invención requiere de un sistema portante de cargas para ser ejecutado y no es independiente estructuralmente.

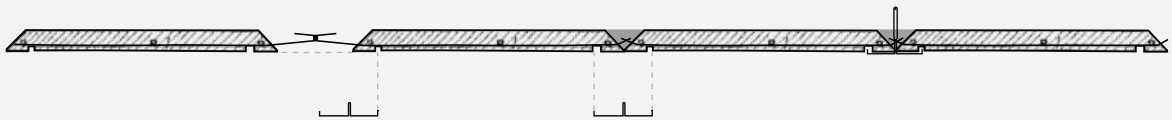


Fig. 137 Diagrama elaborado a partir de la planimetría de la patente sobre la constitución de las losas . Corte en elevación que muestra un esquema de unión de la losa.

Fig. 137: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente: Autor desconocido “Mejoras en cielos o techos de losas de concreto armado” . Patente Chilena No. 5361. Publicado en 1923. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial. http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

"SISTEMA DE NUEVO TIRANTE O VIGUETA DE CEMENTO ARMADO"

PEDRO BERNARDO LOYEAU

El sistema constructivo fue patentado en Chile en 1924 por Pedro Bernardo Loyeau o Pierre Bernard Loyeau, un ciudadano francés residente en Buenos Aires, Argentina. Este sistema también fue objeto de patentes en varios otros países entre 1925 y 1926, incluyendo el Reino Unido, Estados Unidos y Francia, según la documentación disponible en el archivo internacional en línea de patentes de la Organización Mundial de la Propiedad Industrial (OMPI).

Además, no se puede descartar la posibilidad de que este sistema haya sido patentado en Argentina, ya que en el archivo de la patente registrada en Chile se observa que la ciudad de Buenos Aires aparece tachada con un lápiz, lo que podría indicar la existencia de una patente relacionada en Argentina.

Definición

Aspectos generales del sistema de un nuevo tirante o vigueta de cemento armado

Este sistema constructivo se basa en la invención de una vigueta o tirante de cemento armado, que en su corte transversal presenta una forma de doble "T", con alas inferiores más anchas que las superiores. Un aspecto distintivo de esta vigueta es la presencia de una serie de aberturas o perforaciones en su parte central, lo que tiene varios propósitos. En primer lugar, estas perforaciones buscan reducir significativamente el peso del elemento en un 50% en comparación con una vigueta de cemento armado convencional. Además, la fabricación y la instalación de este elemento se simplifican considerablemente debido a su naturaleza prefabricada. Esto elimina la necesidad de utilizar encofrados o moldajes en el sitio de construcción, agilizando el proceso y reduciendo la complejidad.

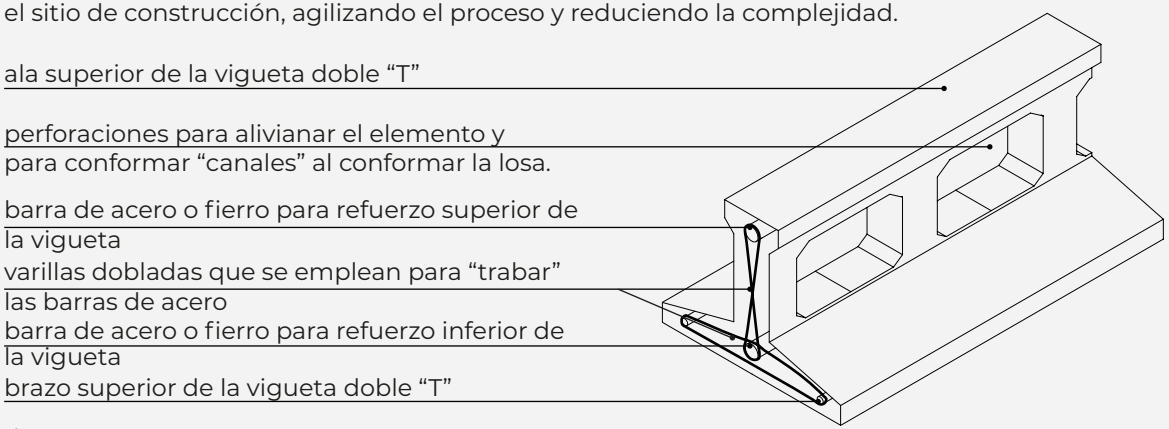


Fig. 138 Vista en isométrica de la sección de una vigueta

01 Características morfológicas de la vigueta que permiten facilitar su instalación.

Las viguetas en este sistema constructivo son elementos prefabricados e independientes que se componen de cemento y un refuerzo interno dispuesto de la siguiente manera:

Refuerzo central: Cada vigueta cuenta con dos barras de hierro longitudinales, una en su ala superior y otra en su ala inferior. Estas barras están unidas entre sí por una varilla recurvada en forma de "8", lo que asegura una conexión sólida entre ellas.

Refuerzo en el ala inferior: El ala inferior de la vigueta incluye dos barras longitudinales de menor sección que las mencionadas anteriormente. Estas dos barras se unen entre sí mediante una varilla que traba ambas barras junto con la barra central dispuesta en el ala inferior. Este diseño contribuye a la resistencia y estabilidad de la vigueta.

Además de estas características de refuerzo, las viguetas se caracterizan por la presencia de perforaciones ubicadas en su alma. Estas perforaciones tienen varias funciones clave, entre las que se incluye alivianar el peso de las viguetas, lo que facilita su instalación y evita la necesidad de utilizar encofrados o moldajes. Este enfoque agiliza el proceso de construcción y lo hace más eficiente.

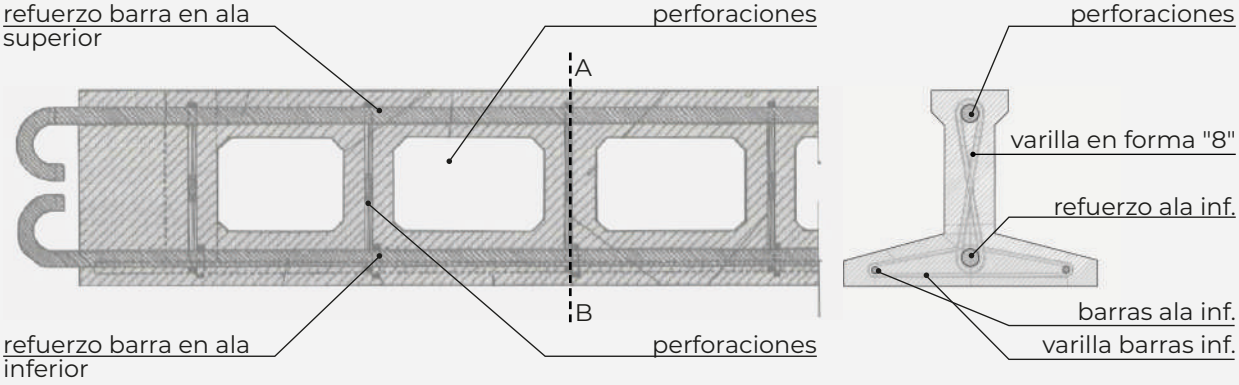


Fig. 139 Vista en elevación de la sección de vigueta.

Fig. 140 Vista corte AB de vigueta

Fig. 138: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente: Loyeau, Pedro Bernardo "Un nuevo tirante o vigueta de cemento armado". Patente Chilena No. 5354. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Fig. 139 - Fig. 140: Loyeau, Pedro Bernardo "Un nuevo tirante o vigueta de cemento armado". Patente Chilena No. 5354. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: Dos barras de hierro para el refuerzo longitudinal de las vigueta. Dos barras de hierro de menor sección para el refuerzo del "ala" inferior de la vigueta. Varillas dobladas en forma de "ocho" para trabar las dos barras de mayor sección. Varillas de hierro dobladas para "envolver" las tres barras del "ala" inferior. la sección de las barras mencionadas anteriormente varían dependiendo de la resistencia que deba ofrecer la vigueta.

CEMENTO: Las viguetas están compuestas de cemento, cuya composición puede ser cualquiera de las usuales en la construcción con cemento armado.

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: No se menciona la composición de la mezcla.

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema de un nuevo tirante o vigueta de cemento armado

01 Estructura de losas.

La vigueta desarrollada en esta invención puede ser aplicada en una variedad de sistemas constructivos, incluyendo sistemas de mampostería, obras de cemento armado y estructuras metálicas, particularmente en la construcción de losas. Al disponer las viguetas de forma adyacente entre sí, se logra la formación de la estructura de entrepiso, lo que elimina la necesidad de utilizar encofrados o moldajes. La estructura de losa conformada por las viguetas permite:

Albergue de instalaciones: Las perforaciones en las viguetas proporcionan canales perpendiculares a las viguetas, que pueden alojar las instalaciones de la edificación, como cables eléctricos, tuberías de agua y sistemas de gas.

Aislamiento térmico y acústico: Las perforaciones crean un colchón de aire que actúa como aislante térmico y acústico entre los diferentes pisos de la estructura.

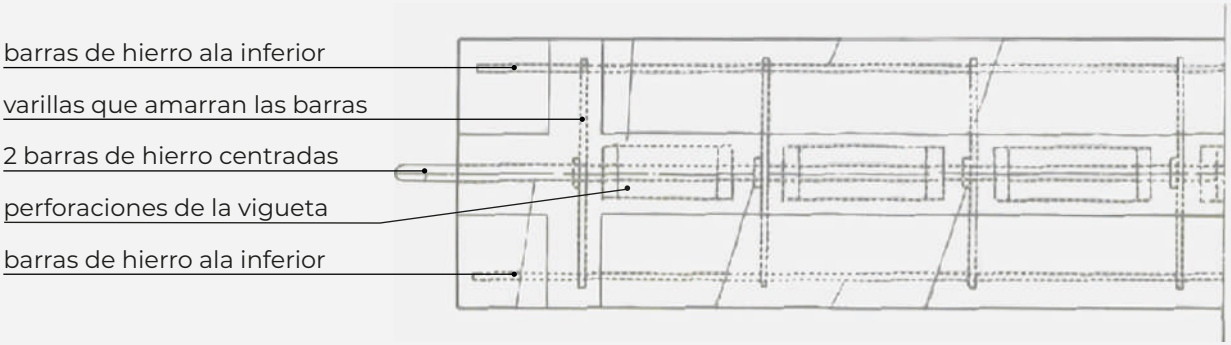


Fig. 141 Vista en planta de la sección de la vigueta.

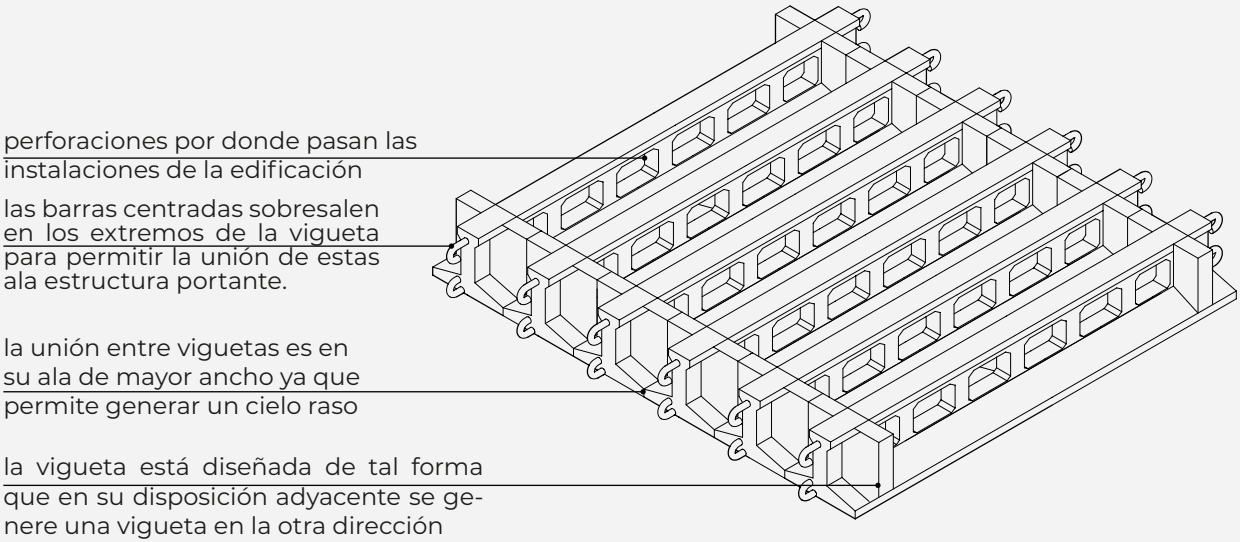


Fig. 142 Vista en isométrica de la disposición de viguetas para conformar la estructura de losa.

Fig. 141: Loyeau, Pedro Bernardo "Un nuevo tirante o vigueta de cemento armado". Patente Chilena No. 5354. Publicado en 1924. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/
Fig. 142: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente.

"UN NUEVO ELEMENTO PARA CONSTRUCCIONES CONSISTENTE EN UN TIPO MEJORADO DE BLOQUES HUECOS COMPUESTOS DE MATERIALES CONGLOMERANTES ARMADOS"
RAFAEL TROZZO

El sistema constructivo fue patentado en Chile en 1926 por Luis Harnecker en representación del inventor Rafael Trozzo, un ciudadano argentino residente en Buenos Aires, Argentina. El sistema ha sido patentado en Francia y Estados Unidos, y no se descarta su patentamiento en Argentina.

Definición

Aspectos generales del sistema de un nuevo elemento para construcciones

El sistema constructivo se fundamenta en la invención de un "elemento" caracterizado por su simplicidad, economía, ligereza, facilidad de instalación y una notable resistencia, destinado a sustituir a los materiales utilizados hasta ese momento, como ladrillos o bloques de cemento armado, entre otros.

El elemento se compone de una doble muralla construida con materiales conglomerantes y reforzada con una armadura interna. Estas murallas están dispuestas de manera que pueden unirse al estar enfrentadas entre sí, entrelazando su malla interna y recubriéndola con una capa de cemento u otro material similar en forma cóncava, permitiendo que los elementos se unan entre sí al rellenar el espacio generado al juntarlos.

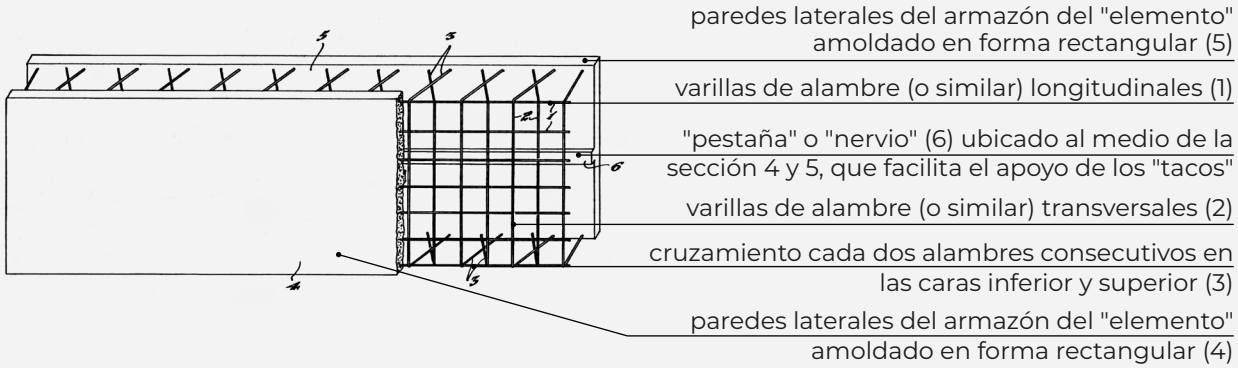
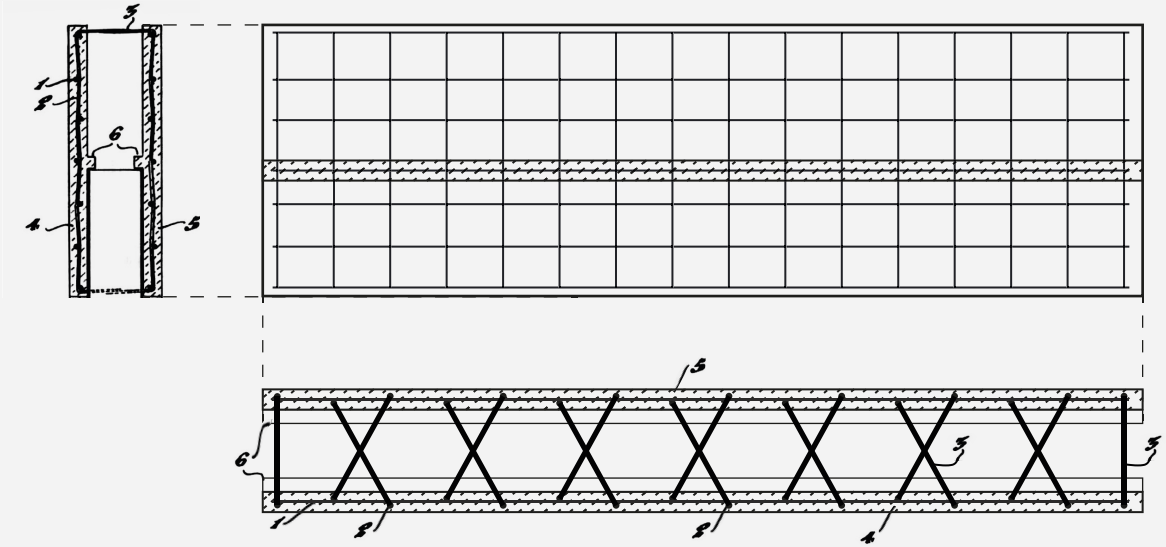


Fig. 143 Vista en perspectiva de uno de los "elementos" de la invención parcialmente cortado

01 Fabricación y unión de los elementos

El elemento consiste en dos "paredes" compuestas de materiales conglomerantes, que están internamente reforzadas con un armazón metálico compuesto por varillas, alambres u otros elementos similares. Estos armazones metálicos se entrelazan entre sí en los cantos superiores e inferiores de las dos paredes, con cada dos varillas dispuestas consecutivamente. Además, en el eje central interno longitudinal de cada pared, se coloca una "pestaña" que sirve para apoyar un "taco" que facilita la unión entre dos elementos al trabar la unión generada. Estos componentes también actúan como guías para otorgar estabilidad, solidez y homogeneidad a los muros, paredes o tabiques construidos con este sistema.



1. varillas de alambre (o similar) longitudinales.
2. varillas de alambre (o similar) transversales.
3. cruzamiento cada dos alambres consecutivos en la caras superior e inferior del elemento.
4. paredes laterales del armazón del "elemento" amoldado en forma rectangular.
5. paredes laterales del armazón del "elemento" amoldado en forma rectangular
6. "pestaña" o "nervio" (6) ubicado al medio de la sección 4 y 5, que facilita el apoyo de los "tacos"

Fig. 144 Vista en corte vertical de un elemento, (a la derecha) vista de corte en elevación frontal de una "pared" reforzada del elemento, (a la dereche y abajo) viste en planta del corte horizontal del elemento.

Fig. 143: Trozzo, Rafael "Un nuevo elemento para construcciones consistentes en un tipo mejorado de bloques huecos compuestos de materiales conglomerantes armados". Patente Chilena No. 5910. Publicado en 1926. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Fig. 144: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente, Trozzo, Rafael "Un nuevo elemento para construcciones consistentes en un tipo mejorado de bloques huecos compuestos de materiales conglomerantes armados". Patente Chilena No. 5910. Publicado en 1926. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/

Materia prima

Especificación de los materiales

REFUERZO: armazón metálico conformado por varillas, alambres o similares.

CEMENTO: Se utiliza un mortero para la interconexión de los elementos, y en la fabricación de la doble "muralla" de los elementos se podría emplear cemento, aunque el inventor no especifica la composición exacta de estos materiales y se refiere a ellos como "cualquier material conveniente".

ARENA, PIEDRA Y GRAVA: No se menciona una composición de mezcla específica en la patente; en su lugar, se hace referencia a "cualquier material conglomerante" que podría ser utilizado en la construcción de los elementos.

Configuración estructural

Aplicaciones del sistema de un nuevo elemento para contrucciones

01 Muros, tabiques

El elemento patentado, al ser hueco, ofrece varias ventajas constructivas, como aislación térmica y acústica, además de ser liviano y fácil de transportar. El elemento contructivo se pueden aplicar de dos formas para construir tabiques y muros: la primera es construirlos como si fueran ladrillos armados, con sus cuatro lados revestidos, y colocarlos uno al lado del otro, utilizando mortero para unirlos en las cavidades resultantes (ver figura 4).

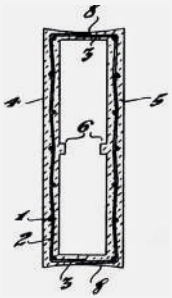


Fig. 145 Vista en corte vertical de un elemento en forma modificada de construcción.



Fig. 146 Vista en corte vertical de elementos interconectados entre sí.

La segunda forma de construir tabiques y muros utilizando el elemento patentado implica escalar la doble "muralla" a una mayor dimensión, creando así un doble muro armado que se solidariza de forma continua. Esto se logra gracias a que las paredes llevan pestañas o nervios horizontales en su altura media que facilitan el apoyo de ciertos "tacos". Al superponer los elementos, estos tacos penetran tanto en unos como en otros y los solidarizan entre sí. La ventaja de este sistema es que el grosor del muro puede variar sin modificar el tamaño de cada una de estas dobles "murallas", lo que permite prefabricar estos elementos para reducir los costos de moldeado en obra.

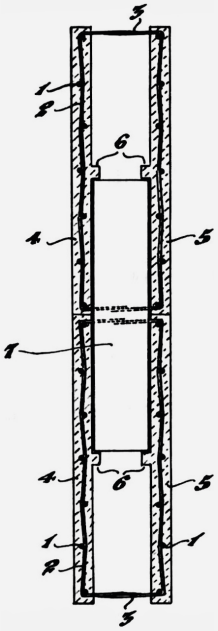


Fig. 147 Vista en corte vertical de dos elementos superopuestos entre sí con la aplicación de un "taco". (7)

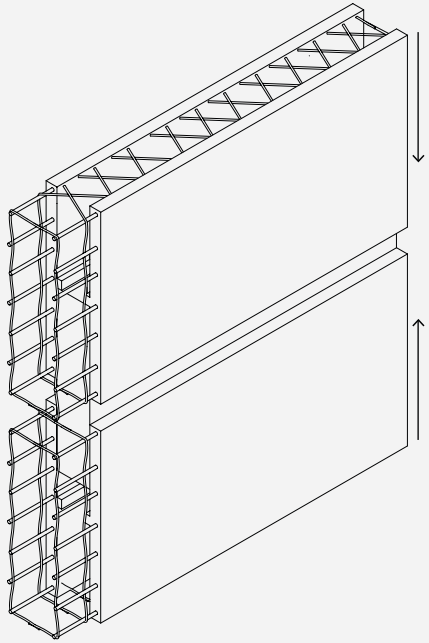


Fig. 148 Vista isométrica de corte parcial de la superposición entre dos elementos

Fig. 145 - Fig. 146: Trozzo, Rafael "Un nuevo elemento para construcciones consistentes en un tipo mejorado de bloques huecos compuestos de materiales conglomerantes armados". Patente Chilena No. 5910. Publicado en 1926. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/. Fig.4: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente.

Fig. 147 - Fig. 148: Trozzo, Rafael "Un nuevo elemento para construcciones consistentes en un tipo mejorado de bloques huecos compuestos de materiales conglomerantes armados". Patente Chilena No. 5910. Publicado en 1926. Extraído del archivo en línea de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI). http://barion.inapi.cl/BuscaBiblio/. Fig.6: Elaboración propia a patir de la planimetría adjunta en la patente.

CONCLUSIÓN

Basándonos en el análisis de patentes de invención depositadas en Chile en el periodo 1906-1930 de sistemas constructivos que combinan materiales como concreto, cemento u hormigón con estructuras metálicas, incluyendo el uso de acero, hierro, mallas metálicas y alambre, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

- La mayoría de los sistemas patentados en Chile durante este período fueron inventados por técnicos, arquitectos, ingenieros e inventores ligados al rubro de la construcción, muchos de los cuales eran de nacionalidad chilena o desarrollaron su invento en el país. Esto sugiere un interés local en desarrollar soluciones constructivas innovadoras con respecto al sistema de hormigón armado en Chile.

- Las patentes no contemplaron una garantía estructural, vale decir, muchos de estos documentos no expusieron un contenido científico técnico que garantice la resistencia de las edificaciones.

- Si bien, existió una aplicación de estos sistemas constructivos, no se encontró evidencia de un impacto importante dentro del rubro de la construcción en Chile pese a que hubo casos de aplicación de patentes de invención en edificaciones en diferentes ciudades de Chile.

Origen y autores de las patentes:

De las 12 patentes analizadas, 7 de los sistemas eran invensiones contextualizadas en Chile, lo que indica que estaban adaptadas a los materiales disponibles en la época, los costos asociados a esos materiales, la disponibilidad de mano de obra en el país, las adecuaciones del sistema a los diferentes climas y la búsqueda de solución a la problemática de viviendas para los trabajadores, y a las condiciones higiénicas que estas incluían. Además, se observa que tres de los sistemas patentados tenían un origen extranjero, lo que evidencia la influencia de ideas y tecnologías foráneas en el ámbito de la construcción en Chile. En dos de las patentes, no se encontraron registros de los autores, lo cual puede deberse a limitaciones en la documentación histórica de la época.la documentación histórica.

Invenciones chilenas

De las 7 patentes analizadas sobre casos de invenciones chilenas, podemos extraer la siguiente información que se relaciona con el nexo existente entre el sistema patentado y su contextualización local:

-Sistema de Henry Lewen de 1908: A través de un artículo del diario "La Unión" de Valparaíso con fecha del 18 de junio de 1908, podemos extraer lo siguiente:

"(...) señor H. L. Lewen, que ha introducido al país un nuevo sistema de materiales para construcciónes en terrenos blandos, contra incendios y terremotos (...)" (Diario "La unión", 1908).

Es interesante observar que la llegada de Henry Lewen a Chile en 1908, dos años después del terremoto que sacudió el país, parece no ser una coincidencia. Su elección de trabajar en la ciudad donde ocurrió el terremoto indica un posible interés en desarrollar soluciones arquitectónicas y constructivas que abordaran los desafíos planteados por el evento sísmico.

-Sistema Bernasconi de 1911: representó un enfoque innovador para abordar el alto costo de la construcción en concreto armado en Chile. El reconocimiento de que los moldajes de madera eran un factor importante en ese alto costo llevó al inventor a desarrollar un sistema que se basaba en la prefabricación de elementos, lo que eliminaba la necesidad de utilizar estos moldajes y, en consecuencia, reducía significativamente los costos asociados con la construcción en concreto armado. Un aspecto interesante de esta invención radica en la inclusión de materiales locales, como el "cemento Melón" y la arena "graneada del Mapocho", que desempeñaron un papel fundamental en la creación de los "pies derechos".

-Sistema Massari de 1912: este sistema constructivo no solo describe sus ventajas notables en términos de higiene, resistencia sísmica, ignifugación y aislamiento térmico, entre otros beneficios, sino que también alega ser una alternativa eficiente a las construcciones de cemento armado.

"Se ha demostrado que las estructuras construidas con este sistema son un 40% más económicas que sus contrapartes de cemento armado y solo un 20% más costosas que las edificaciones de tabiquería de madera."(Massari, 1912)

A partir de lo anterior, podemos inferir que las construcciones en cemento armado eran considerablemente más caras que las de madera. Por lo tanto, se patentaron sistemas que combinan estos dos sistemas constructivos, ya que la madera, a pesar de tener un buen comportamiento estructural, tiene un mal comportamiento frente al fuego. En el caso del cemento armado, tenía un alto costo y requería mano de obra especializada debido a ser un nuevo sistema en la época.

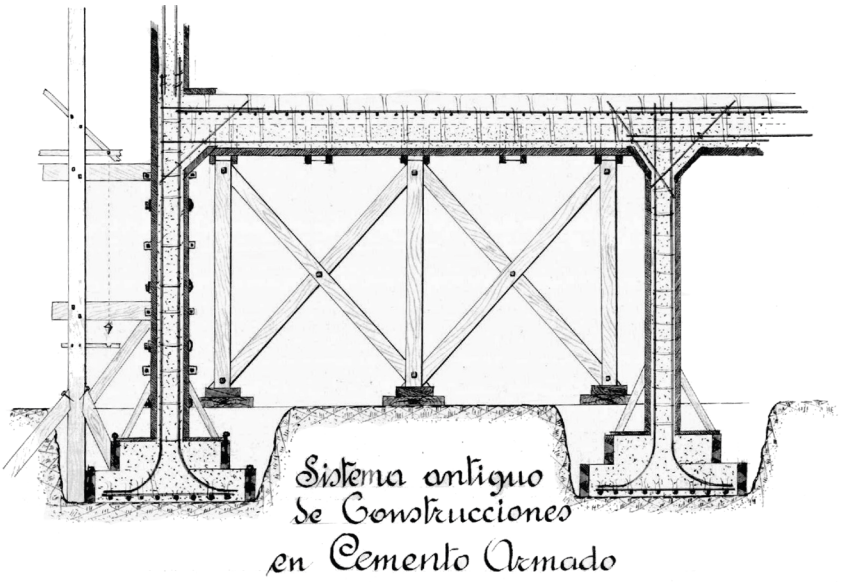


Fig. 149 Sistema "antiguo" de construcciones en cemento armado, según Castro y Sibillá, en el que se emplean moldajes y andamios de madera.

-Sistema Castro y Sibillá de 1912: esta es la primera invención que se presenta junto con cálculos detallados de costos y materiales, además de un estudio sobre las cúpulas de cemento armado o concreto reforzado con acero, tal como se menciona. Se proporciona un estudio de reducción de costos y este se basaba en varios factores, entre ellos: la disminución del volumen de concreto requerido, influenciado por los "experimentos de Bromingham"; la eliminación de la necesidad de moldaje y tapiales de madera, reemplazándolos con planchas y bloques de cemento armado; y la reducción de los costos de mano de obra. La invención menciona muchas ideas que ya se habían planteado previamente, por ejemplo aquellas que tienen relación a los costos asociados del sistema de hormigón armado, lo que lleva a la conclusión de que la aplicación del "sistema antiguo" (ver fig. 149), que se basa en la continuidad de las estructuras de losas y muros a través del relleno de moldajes de madera con concreto reforzado con acero, no resultó ser una solución económica en el país debido al uso de estructuras de madera provisorias y al considerable volumen de concreto requerido. Por lo mismo, muchas de las invenciones chilenas buscaron alternativas que permitieran evitar estos inconvenientes y que guardan relación con el elevado costo de los materiales debido a que en primera instancia estos son importados al país desde el extranjero.

Fig. 149: Castro Basaez, Santiago; Sibillá, Federico “por mejoras económicas i técnicas en las construcciones de Cemento armado, mediante la supresion de los costosos i difíciles moldes i andamios destinados a depositar el concreto reforzado con fierro,o acero, en los tapiales i tablazones con que se construyen estas obras”. Patente Chilena No. 2720. Publicado 1912. Extraído del archivo central de patentes de invención chilenas del Instituto Nacional de Propiedad Industrial (INAPI).

-Sistema Luis Troncoso de 1923: La patente de Luis Troncoso es una de las más arraigadas al territorio chileno. En primer lugar, según la memoria presentada al Supremo Gobierno por Luis Troncoso Pinto, en la que informa sobre su misión en Estados Unidos, como se extrae de la tesis doctoral de Max E. Aguirre González titulada "La arquitectura moderna en Chile", se describe la introducción del acero en las construcciones de albañilería. Troncoso menciona:

"Con la adopción del sistema norteamericano se obtiene, entre otras ventajas, el mayor espacio útil, mediante el uso de muros y pilares de reducidas dimensiones; la mayor abundancia de luz y aire, por la posibilidad de aumentar las dimensiones de las aberturas hacia el exterior hasta donde la estética del edificio lo permita, sin afectar la solidez de la obra; el máximo de altura con la cantidad mínima de material en condiciones de seguridad absoluta; la rapidez de ejecución, debido a la conformación especial de la estructura (...)" (Aguirre González, 2004)

Bajo estos ideales, Luis Troncoso Pinto patentó su invención 10 años después de estudiar los sistemas norteamericanos. Entre los principios fundamentales planteados en su patente, destaca en primer lugar la aplicación del sistema en las denominadas "habitaciones obreras". Este enfoque formaba parte de la solución constructiva para abordar el problema de hacinamiento en las zonas industriales. Troncoso específicamente menciona las regiones del norte, afirmando:

"(...) puede además dar origen (el sistema) a un tipo sumamente liviano y económico, para habitaciones pequeñas de trabajadores en la región del norte, eliminando las vigas y empleando tabiques delgados que se sostengan a sí mismos (...)" (Troncoso Pinto, 1923)

Además, al hablar de la materialidad de los "bloques ligeros" patentados, menciona:

"En Tacna y Arica, por ejemplo, se podría emplear la piedra pómez disponible en la zona como un agregado para aligerar su peso, junto con la fibra de caña de azúcar que queda después del proceso de elaboración (...)." (Troncoso Pinto, 1923)

Esta perspectiva demuestra cómo Troncoso Pinto adaptó su invención a las necesidades locales, aprovechando los recursos disponibles para economizar el sistema de concreto armado y poder industrializar su sistema haciéndolo más barato y accesible a una mayor cantidad de personas.

-Sistema Homero Castro de 1923: Las ideas presentadas en su sistema son coherentes con las que se han mencionado anteriormente, como la eliminación del uso de moldajes y andamios, la simplificación de la instalación del sistema para reducir los costos de mano de obra y la prefabricación de elementos constructivos con el fin de agilizar y economizar el procedimiento de montaje de la estructura. Estos principios subrayan su enfoque en la eficiencia y la economía en la construcción. Castro enfatiza que el uso de cementos artificiales aumenta el presupuesto de obra al ser uno de los materiales más costosos, y en su sistema sugiere la utilización de materiales más económicos como el cemento romano, mezclas de cemento, cal y arena, yeso, entre otros.

"Este sistema vendrá a democratizar, podríamos decir, el uso del cemento armado, cuyas condiciones constructivas lo ponían, hasta hoy, al alcance solo de las grandes empresas o fortunas." (Castro Nordenflycht, 1923)

-Sistema Edgardo Figueroa de 1926: Lo interesante de esta invención es que, aparentemente, fue presentada en dos ocasiones ante la oficina de patentamiento, siendo inicialmente rechazada en su primera solicitud. Lo significativo de esta situación es la explicación proporcionada por el perito a tecto inventor Edgardo Figueroa. En dicha explicación, se aborda el panorama constructivo de la época en Chile, mencionando lo siguiente:

"El empleo de bloques de concreto armado para la construcción de muros i tabiques, con armadura de fierro o sin ella, se encuentra hoy dia muy generalizado. Es un sistema de construcción económico, rápido i sencillo. Existe una gran variedad de tipos y sistemas cuya aplicación abarca desde el simple tabique de relleno hasta el muro de un edificio de varios pisos."

Esta declaración se centra en la creciente popularidad de la construcción con bloques de concreto armado en esa época, resaltando su eficiencia y versatilidad en la edificación de estructuras de diferentes tamaños. Este aspecto es fundamental en la caracterización de las primeras invenciones en hormigón armado en Chile durante el período comprendido entre 1906 y 1930.

Patentes chilenas que permiten mitigar los efectos de sismos e incendios.

A continuación, se llevará a cabo un análisis en de las bases científicas en las que se fundamentaban estas patentes con el fin de respaldar su capacidad de resistencia material y a los sismos

e incendios. Para llevar a cabo este examen, se tomarán como referencia las únicas dos patentes que ofrecen una explicación detallada de su proceso de invención respaldado por cálculos de resistencia de materiales y cálculos estructurales. Estas patentes buscan sustentar la hipótesis de que los sistemas que proponen pueden mitigar de manera efectiva los efectos de los sismos y/o reducir los riesgos asociados al fuego.

La patente de Santiago Castro y Federico Sibillá de 1912 es un punto de referencia para examinar las bases científicas de su sistema constructivo. A pesar de que originalmente se centraba en un estudio sobre cúpulas de cemento armado en lugar de las cúpulas aceradas "Grusson" con fines de fortificaciones de guerra, este estudio proporciona información importante que respalda su propuesta de invención.

El hecho de que este estudio incluya análisis teóricos y pruebas relacionadas con las cúpulas de cemento armado sugiere un enfoque basado en la ciencia y la ingeniería. Esto respalda su argumento de que el cemento armado es una alternativa viable y segura para las estructuras de defensa, lo que implica que también podría ser aplicable en otros contextos, como la construcción de edificios.

Los argumentos presentados en el estudio de Santiago Castro y Federico Sibillá que respaldan la ventaja estructural del sistema de concreto armado sobre el sistema de acero se pueden resumir en tres puntos clave:

-El concreto armado exhibe una mayor resistencia a choques debido a su menor vibración y período más corto en comparación con las construcciones de estructura de acero con relleno de concreto. Este hallazgo se basa en el estudio de los "experimentos en el ferrocarril de París a Orleans" realizado por Marsh & Dunn (página 17).

-El concreto armado requiere solo un 2% de su volumen en refuerzo de hierro y un 0.5% de su volumen en refuerzo de acero, según los "experimentos de Birmingham" de enero de 1903 (Expanded metal, página 4, folleto 6).

-La capacidad de una estructura para resistir sismos se debe al empleo simultáneo de muros y losas de cemento armado, lo que confiere un carácter monolítico e indeformable. Esta conclusión se basa en los experimentos realizados en Valdivia en enero de 1910 y fue publicada en "El Mercurio" el 7 de marzo de 1910.

Además de las conclusiones respaldadas por estudios científicos, el estudio también presenta otras cuatro conclusiones que podrían haberse basado en el conocimiento empírico de la experiencia previa del arquitecto Federico Sibillá en una construcción realizada en 1908 en la calle Las Delicias en Valparaíso.

-Según los datos proporcionados en su estudio, se destaca que el acero tiene el doble de densidad en igualdad de resistencia. Esto significa que, en términos de resistencia, el acero es considerablemente más denso en comparación con el concreto. Además, se mencionan valores específicos de "K" para la densidad, donde el concreto tiene un valor de K: 2.4 por decímetro cúbico, mientras que el acero tiene un valor de K: 7.8. Sumado a esto, se destaca que la resistencia del acero a la compresión es 8 veces mayor que la del concreto. Esto respalda la afirmación de que el concreto armado es una opción estructural más eficiente en términos de resistencia, a pesar de su menor densidad en comparación con el acero. Es importante señalar que en el estudio se menciona que los datos proporcionados son de experimentos recientes, pero no se especifica la fuente de estos datos.

-Un segundo punto clave destacado en el estudio de Castro y Sibillá es el costo de los materiales utilizados en la construcción. Según el estudio, se menciona que, en igualdad de peso o cantidad, el cemento armado tiene un costo menor que el acero. Específicamente, se afirma que 1 kg de cemento armado construido tiene un valor de 10 centavos, mientras que el acero tiene un valor que oscila entre 60 y 80 centavos por el peso equivalente.

-El tercer punto a favor del sistema de cemento armado, según el estudio de Castro y Sibillá, es la facilidad de instalación en comparación con las estructuras de acero. Se destaca que las grandes dimensiones de las estructuras de acero pueden dificultar su instalación, mientras que en el cemento armado se requieren materiales de menor dimensión, como los sacos de cemento y las varillas metálicas. Esta observación subraya la simplicidad y la conveniencia de trabajar con el sistema de concreto armado en términos de manipulación y montaje.

-Por último, en el estudio de Castro y Sibillá se mencionan datos acerca de resistencia de materiales del concreto armado, incluyendo:

-Coeficiente de Ruptura: *"El concreto armado tiene un coeficiente de ruptura de 350 kg/cm², lo que indica su resistencia a la compresión."*

-Coeficiente de Seguridad: *"El coeficiente de seguridad en el concreto armado es una décima parte del valor de carga de ruptura."*

En resumen, el estudio de Santiago Castro y Federico Sibillá representa una primera aproximación al respaldo científico y técnico del sistema de concreto armado como una alternativa estructural en la construcción, considerando que en ese momento el sistema constructivo no era ampliamente conocido en Chile. Este estudio se sustenta en datos científicos, análisis de densidad y resistencia, comparaciones de costos y eficiencia en la instalación. Además, es importante destacar que esta investigación proviene de la perspectiva de un ingeniero y arquitecto que ya había aplicado con éxito el sistema "Kahn" de concreto armado en la ciudad de Valparaíso. Esta experiencia previa proporcionó un contexto para proponer soluciones innovadoras en el ámbito de la construcción chilena.

La patente de Luis Troncoso Pinto de 1923 destaca como la única que ha sido respaldada con cálculos estructurales detallados, ensayos de resistencia de materiales y un apartado específico relacionado con la sismicidad del sistema.

En lo que respecta a la resistencia a sismos, el sistema constructivo propuesto por Luis Troncoso Pinto en su patente de 1923 plantea que a través de diagonales y contravientos, las cargas estáticas y los empujes generados por temblores son transformados, canalizándolos hacia el suelo mediante vigas y pilares de concreto armado. Además, se incorpora un elemento adicional de fortalecimiento: los bloques adheridos como revestimiento a la estructura portante de concreto armado, concebidos como un sistema de refuerzo destinado a resistir el empuje del viento.

En relación con los cálculos, Troncoso señala que al considerar el empuje horizontal, la clave radica en la implementación de vigas "altas" reforzadas y la disposición estratégica y "conveniente" de vigas y pilares en planta. Este enfoque se plantea con el objetivo de lograr un sistema estructural indeformable que sea capaz de resistir eficientemente la acción de los sismos.

La capacidad estructural del sistema constructivo propuesto se alcanza al dirigir toda la carga hacia los pilares de concreto armado, que a su vez la distribuyen de manera eficiente hacia el suelo a través de las fundaciones. Los pilares están interconectados mediante una amarra continua de vigas en sus partes superior e inferior, formando marcos que actúan como estructuras indeformables. La

rigidez de estos marcos se ve reforzada significativamente con el revestimiento de bloques.

Para la resistencia de vigas, pilares y fundaciones, se presta especial atención a la ejecución de sus conexiones, procurando establecer una estructura continua de extremos fijos. Este objetivo se logra mediante el refuerzo metálico de estas uniones, particularmente sobre los apoyos, con el propósito de reforzar los momentos negativos. En el caso de las fundaciones, se debe dejar expuesta parte de esta armadura hacia la superficie, aproximadamente 35 centímetros, con el fin de establecer continuidad con los pilares y asegurar una distribución uniforme de las cargas. Este enfoque integral busca consolidar la resistencia y estabilidad del sistema constructivo ante diversas fuerzas y condiciones.

No se abordarán los detalles específicos de los cálculos asociados al sistema; sin embargo, es esencial destacar que estos están fundamentados en pruebas de resistencia de materiales realizadas en el laboratorio de la Universidad de Chile. Esta particularidad convierte a la patente en un caso eparticular, ya que se sustenta en fundamentos teóricos respaldados por evidencia científica. La incorporación de pruebas materiales en un entorno académico confiere a la propuesta de Luis Troncoso Pinto una base sólida y respaldada lo que otorga validez de sus ventajas estructurales.

En el contexto de las patentes examinadas, destaca que de las 12 analizadas, incluyendo las dos mencionadas anteriormente, cinco presentan sistemas que se distinguen por su resistencia sísmica e incombustibilidad. Es importante resaltar que, como se revisó previamente, solo dos de estas cinco patentes se fundamentan en principios teóricos respaldados. De este análisis, se puede concluir que, para la época en la que fueron desarrolladas, las patentes no representan necesariamente un fundamento científico y teórico robusto que contribuya de manera significativa a los conocimientos estructurales vigentes en ese período.

ANÁLISIS COMPARATIVO

Basándonos en un análisis morfológico de patentes de invención desarrolladas e introducidas en Chile en el periodo 1906-1930 de sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos, podemos categorizar las patentes de la siguiente manera:

Emplean bloques reforzados con una armadura metálica	**Emplean bloques de hormigón sin refuerzo**	**Constituyen un refuerzo a las estructuras de madera**
• **Sistema Lewen (1908)** Henry Louis Lewen *Estados Unidos* • **Sistema Bernasconi (1911)** Anjel Bernasconi *Chile* • **Sistema Castro y Sibillá (1908)** Santiago Castro Federico Sibillá *Chile*	• **Sistema de bloques (1923)** Luis Troncoso Pinto *Chile* • **Sistema C.N (1924)** Homero Castro Nordenflycht *Chile* • **Sistema de mejoras en tabiques y muros (1926)** Edgardo Figueroa *Chile*	• **Sistema Massari (1912)** Amílcar Massari *Italia / Chile*

Fig. 150: Elaboración propia.

SISTEMAS DESARROLLADOS EN CHILE ENTRE 1906-1930 QUE EMPLEAN BLOQUES REFORZADOS INTERNAMENTE

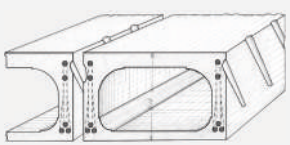
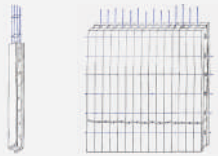
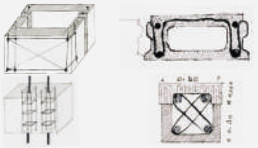
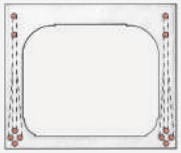
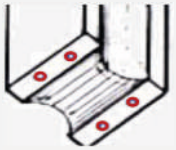
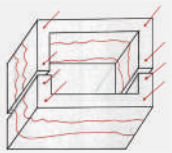
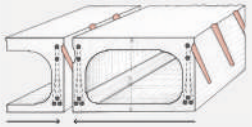
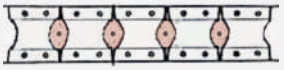
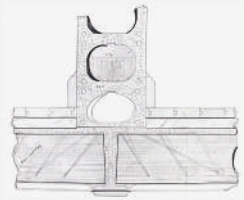
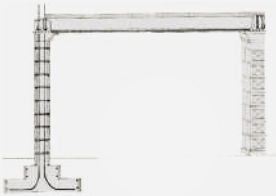
	Sistema Lewen (1908) Henry L. Lewen	**Sistema Bernasconi (1910)** Anjel Bernasconi	**Sistema C.S (1912)** S. Castro y F. Sibillá
Unidad básica estructural elemento de estructuración básico patentado			
Refuerzo interno de la unidad estructural estructura metálica interna de la unidad			
Conformación de la estructura unión entre elementos o unidades básicas			
Aplicación estructural Manera en la que se aplica el sistema para edificar			
Materialidad empleada según el autor Descripción de los materiales empleados para construir	"(...) la mezcla que se emplea para la fabricación de estos materiales es **arena**, o **ripio** con **piedra chancada bien fina** y **cemento Portland** y en varios casos exclusivamente para tabiques livianos o adornos se usa **yeso y cal viva**"	"Nuevo sistema de **cemento armado**" "Estos pie derechos estan compuestos de una parte de **cemento melón** y x partes de **arena graneada** del mapocho. Su armadura consiste en dos **fierros redondos** de cinco milimetros	"(..) dovelas de **cemento armado**; 20 litros de concreto; pero como el **cemento armado** permite reducir el volumen del **concreto** en 75%; permiten establecer el costo del metro cúbico de **cemento armado** "

Fig. 151: Elaboración propia.

SISTEMAS DESARROLLADOS EN CHILE ENTRE 1906-1930 QUE EMPLEAN BLOQUES SIN REFUERZO INTERNO

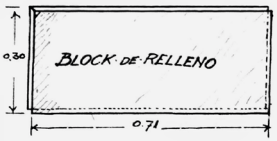
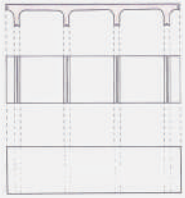
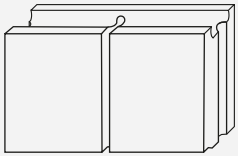
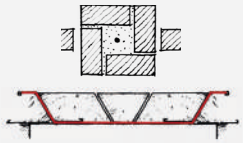
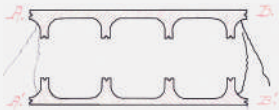
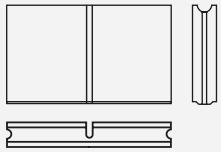
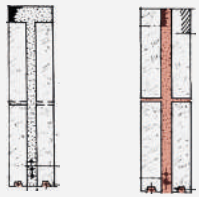
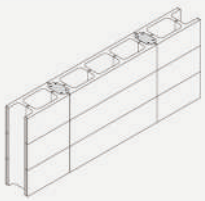
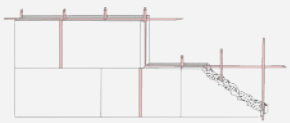
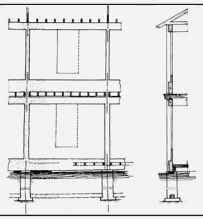
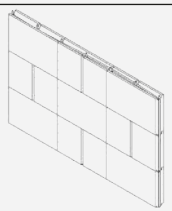
	Sistema Bloques (1923) Luis Troncoso Pinto	**Sistema C.N (1924)** H. Castro Nordenflycht	**Mejoras en tabiques y muros (1926)** Edgardo Figueroa
Unidad básica estructural elemento de estructuración básico patentado			
Refuerzo interno de la unidad estructural estructura metálica interna de la unidad			
Conformación de la estructura unión entre elementos o unidades básicas			
Aplicación estructural Manera en la que se aplica el sistema para edificar			
Materialidad empleada según el autor Descripción de los materiales empleados para construir	"Sistema de construcción sísmico, constituido por una combinación de **concreto armado** con blocks de un material nuevo"	"este sistema, llamado sistema C.N. , usa como materiales propios, **conglomerados a base de yeso, de cal, de cemento naturales o artificiales**; relleno de **concreto** en la obra"	"(..) El modelo de mi invención es un block de **concreto** comprimido a gran presión, (...). al juntarse dos bloques por uno de sus bordes, (...) pasa la **varilla metálica** vertical del **armado"**

Fig. 152: Elaboración propia.

SISTEMA DESARROLLADO EN CHILE ENTRE 1906-1930 QUE CONSTITUYE UN REFUERZO DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA

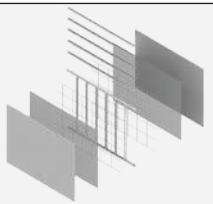
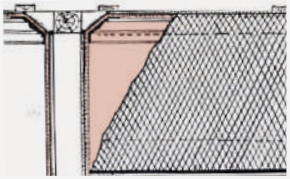
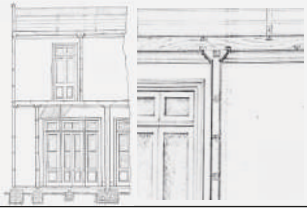
Sistema Massari (1912) Amílcar Massari	
Unidad básica estructural elemento de estructuración básico patentado	
Refuerzo interno de la unidad estructural estructura metálica interna de la unidad	
Conformación de la estructura unión entre elementos o unidades básicas	
Aplicación estructural Manera en la que se aplica el sistema para edificar	
Materialidad empleada según el autor Descripción de los materiales empleados para construir	"(..) entre los dos forros de cemento armado; un 40% más barato de una construcción de **cemento reforzado** con **fierro**; ya que la casa se remata con la última capa de **fierro de cemento armado.**"

Fig. 153: Elaboración propia.

Basándonos en un análisis morfológico de patentes de invención introducidas en Chile desde el extranjero, incluída la patente titulada "Mejoras en cielo" de 1923 cuyo autor no ha sido identificado, en el periodo entre 1906-1930 de sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos, podemos categorizar las patentes de la siguiente manera:

Emplear bloques reforzados con una armadura metálica	**Constituir un refuerzo de las estructuras de madera**
• **Mejoras en cielos (1923)** Autor desconocido • **Nuevo tirante o vigueta (1924)** Pedro B. Loyeau *Argentina* • **Nuevo elemento de construcción (1926)** Rafael Trozzo *Argentina*	• **Sistema Boldi (1910)** Marc´ Aurelio Boldi *Italia*

Fig. 154: Elaboración propia.

SISTEMAS INTRODUCIDOS EN CHILE ENTRE 1906-1930 QUE EMPLEAN BLOQUES REFORZADOS INTERNAMENTE

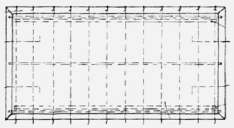
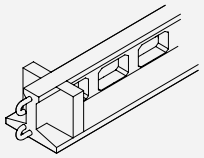
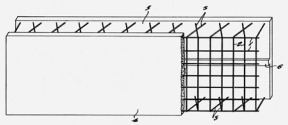
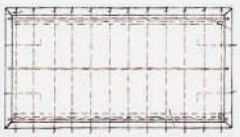
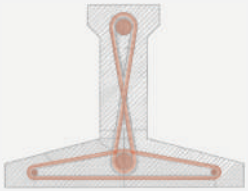
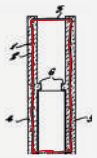
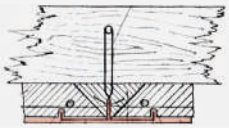
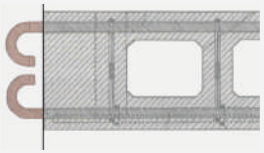
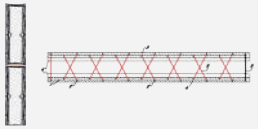
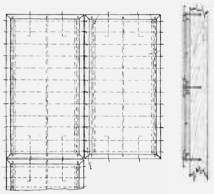
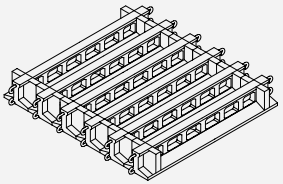
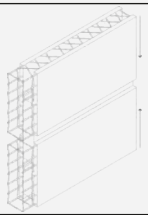
	Mejoras en cielos (1923) Autor desconocido	**Nuevo tirante o vigueta (1924)** Pedro B. Loyeau	**Nuevo elemento de construcción (1926)** Rafael Trozzo
Unidad básica estructural elemento de estructuración básico patentado			
Refuerzo interno de la unidad estructural estructura metálica interna de la unidad			
Conformación de la estructura unión entre elementos o unidades básicas			
Aplicación estructural Manera en la que se aplica el sistema para edificar			
Materialidad empleada según el autor Descripción de los materiales empleados para construir	"Mejoras en cielos o techos de losas de concreto armado"; "(...)mortero de concreto"; "gran plancha de **concreto armado** suspendida libremente."	"La vigueta de acuerdo con la presente invención que es de cemento, cuya composición puede ser cualquiera de las usuales en las construcciones de **cemento armado** (...) la vigueta están atravesadas en el sentido longitudinal por barras	"un nuevo elemento para construcciones consistente en una doble muralla de **materiales conglomerantes**, con sus **armaduras** dispuestas de manera que formen cruz cada dos alambres o varillas consecutivos"

Fig. 155: Elaboración propia.

SISTEMA INTRODUCIDO EN CHILE ENTRE 1906-1930 QUE CONSTITUYE UN REFUERZO DE LAS ESTRUCTURAS DE MADERA

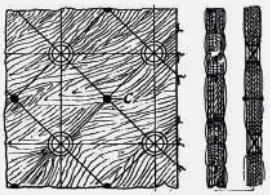
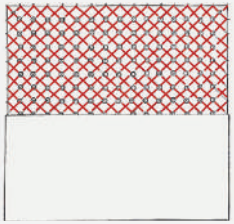
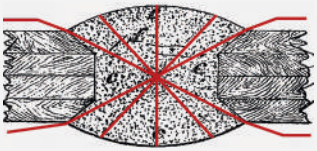
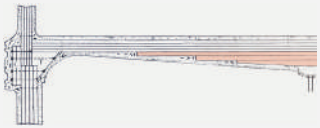
Sistema Boldi (1910) Marc´ Aurelio Boldi	
Unidad básica estructural elemento de estructuración básico patentado	
Refuerzo interno de la unidad estructural estructura metálica interna de la unidad	
Conformación de la estructura unión entre elementos o unidades básicas	
Aplicación estructural Manera en la que se aplica el sistema para edificar	
Materialidad empleada según el autor Descripción de los materiales empleados para construir	"(...) se procede al rellenamiento cuidadoso de los agujeros con mezcla a pronta fragua de **cemento y arena lavada**, de manera que se forma otros tantos pernos de **cemento armado** que conserven rígido"

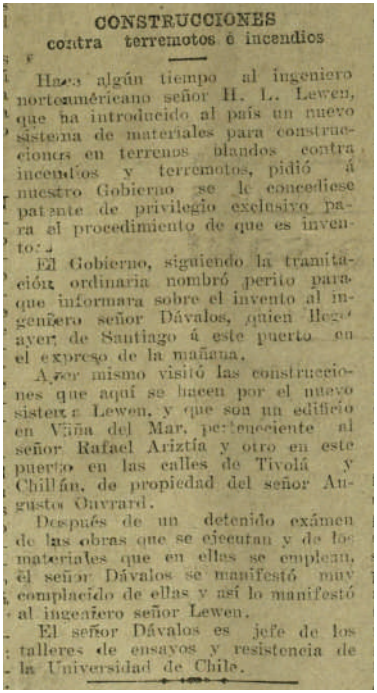
Fig. 156: Elaboración propia.



CAPÍTULO III Aplicaciones

Con el objetivo de determinar la aplicación de las patentes de invención de sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en Chile y Valparaíso se ha empleado la metodología de contrastación de fuentes que ha permitido vincular las patentes estudiadas a los casos de estudio que aplican las invenciones. En los casos de estudio de esta investigación, se obtuvo esta información a partir de las especificaciones técnicas de las edificaciones del Archivo Patrimonial Histórico de la Municipalidad de Valparaíso. Este documento se comenzó a exigir desde la municipalidad de Valparaíso en 1907, luego del terremoto de 1906 (Maino Ansaldo, et al., 2022) y en este se describen los procedimientos constructivos proyectados para la obra correspondiente. Otra fuente a contrastar son las patentes de invención inscritas en Chile entre los años 1906 y 1930, estas fueron obtenidas a partir del Buscador Histórico en línea del Instituto de propiedad industrial de Chile junto a el "Rejistro jeneral de patentes de invencion : que comprende todo los privilejios - ya sean de invención o de introduccion- concedidos por el Gobierno de Chile desde el año 1840 hasta 1912" de Arturo Montero y la revista de "La propiedad intelectual" de 1918.

◄ **Fig 157**: Propiedad de Bernado Hoyos, aplicación de patente de invención n°5351 de Homero Castro Nordenflycht. Fuente: colección fotografica del autor.



CONSTRUCCIONES
contra terremotos ó incendios

Hace algún tiempo al ingeniero norteamericano señor H. L. Lewen, que ha introducido al país un nuevo sistema de materiales para construcciones en terrenos blandos contra incendios y terremotos, pidió á nuestro Gobierno se le concediese patente de privilegio exclusivo para el procedimiento de que es inventor.

El Gobierno, siguiendo la tramitación ordinaria nombró perito para que informara sobre el invento al ingeniero señor Dávalos, quien llegó ayer de Santiago á este puerto en el expreso de la mañana.

Ayer mismo visitó las construcciones que aquí se hacen por el nuevo sistema Lewen, y que son un edificio en Viña del Mar, perteneciente al señor Rafael Ariztía y otro en este puerto en las calles de Tivolá y Chillán, de propiedad del señor Augusto Ouvrard.

Después de un detenido exámen de las obras que se ejecutan y de los materiales que en ellas se emplean, el señor Dávalos se manifestó muy complacido de ellas y así lo manifestó al ingeniero señor Lewen.

El señor Dávalos es jefe de los talleres de ensayos y resistencia de la Universidad de Chile.

Fig. 158 Publicación diario "La Unión" del 18 de junio de 1908.

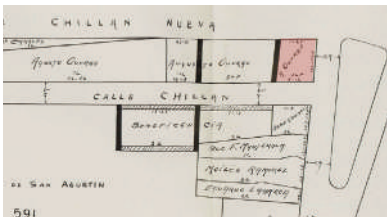


Fig. 159 Plano catastral de la ciudad de Valparaíso de 1909 con la clasificación de los edificios, nombres de sus propietarios y avalúo municipal.

Con el objetivo de determinar la aplicación de las patentes de invención de sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en Chile y Valparaíso, se llevó a cabo un estudio de edificaciones construidas en Valparaíso entre 1906 y 1930, en las cuales se implementaron las mencionadas patentes de invención. La selección de estos casos se llevó a cabo por la metodología de contrastación de fuentes, en las cuales a través de publicaciones en diarios y revistas se pudo llegar a la identificación de aplicación de patentes.

Aplicación de patentes desarrolladas en Chile entre 1906-1930

- Sistema "Lewen" (1908) I Henry L. Lewen

La patente del sistema constructivo "Lewen" ha sido relacionada con dos edificios en la región de Valparaíso. El primero de ellos se ubicaba en la comuna de Valparaíso, en la calle Chillán, específicamente en el sitio donde hoy se encuentra el edificio del Congreso Nacional de Chile. La segunda edificación se encuentra en la ciudad de Viña del Mar y es conocida como el Palacio Ariztía, situado en la calle Álvarez, propiedad del empresario Rafael Ariztía. La conexión entre estas edificaciones y la patente se ha establecido a través de una publicación en el diario "La Unión" el 18 de junio de 1908.

Edificación calle Tivolá y Chillán (1908)

El edificio se encontraba en la intersección de las calles Ti-

volá y Chillán, en la ubicación actual del Congreso Nacional de Chile. Originalmente, era propiedad de Augusto Ouvrard.

Existen pocos registros documentados sobre esta construcción, entre ellos la planimetría adjunta a la patente y un plano catastral de la ciudad de Valparaíso de 1909 con la clasificación de los edificios, nombres de sus propietarios y avalúo municipal.

De acuerdo con el plano catastral, la edificación tiene tres plantas, está compuesta de material "ligero protegido" y en tiene un muro cortafuego en la separación con la vivienda contigua.

Por otro lado, al revisar la planimetría adjunta en la patente de invención n°2091 de 1908, se ven tres cortes a la edificación en donde se muestran los detalles constructivos referentes al sistema lewen. De lo anterior se desprende que los bloques del sistema lewen se aplicaron en las losas de la edificación en combinación con vigas metálicas.

Palacio Ariztía (1908)

Edificación proyectada por el arquitecto Ettore Preti en 1908 empleando el sistema Lewen, según un artículo del diario "La Unión" del 18 de junio de 1908. Fue propiedad de Rafael Ariztía, co-fundador y dueño de la fabrica de cemento de la calera "El Melón".

Según Andrews y Martínez (2006), la edificación fue contruída en 1908, luego de que Ariztía había trasladado su vivienda desde Valpa-



Fig. 160 Fotografía de Plaza O´Higgins en donde se puede ver la fachada de la edificación de Tivolá con Chillan. Fuente: Casa Loutit, V. & A. Archivo Fotográfico. Disponible en Biblioteca Nacional Digital de Chile.

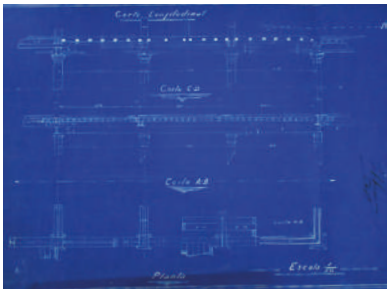


Fig. 161 Planimetría adjunta en la patente n°2091 de 1908 del inventor Henry L. Lewen. Extraída del archivo histórico del Instituto de Propiedad Industrial de Chile (INAPI).



Fig. 162 Fachada principal palacio Ariztía de Viña del Mar por el arquitecto Ettore Preti. (Andrews, Marínez, 2006).

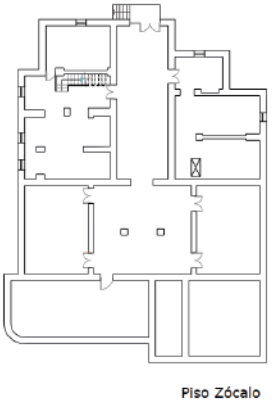


Fig. 163 Planimetría planta inferior "zócalo" de la edificación del palacio Ariztía. (Andrews, Martínez, 2004)



Fig. 164 Fotografía de la losa superior del nivel inferior de la edificación en donde se aprecia la enfierradura de la loza. (Andrews y Martínez, 2004)



Fig. 165 Fotografía de la unión entre muro ataludado, viga de hormigón armado y viga metálica. (Andrews y Martínez, 2004)

raíso a Viña del mar debido al terremoto de 1906.

En relación a la materialidad, en el artículo de Andrews y Marínez (2006) se menciona que la vivienda fue construída en hormigón armado y albañilería. La planimetría revela que el zócalo tiene muros más gruesos que los pisos superiores. Este nivel es crucial para entender los sistemas constructivos, ya que los pisos superiores están ornamentados y recubiertos para imitar otro material, ocultando sus detalles originales.

Después de haber identificado el caso de estudio en que se aplica la patente Lewen en una edificación patrimonial en Viña del Mar, actualmente el equipo de investigación del fondecyt, liderado por Sandro Maino, está llevando a cabo pruebas materiales en la construcción. Estas pruebas buscan analizar el uso del sistema Lewen de bloques ahuecados y reforzados con fierro.

Según la publicación de Who's Who in Engineering de 1925, Lewen trabajó como ingeniero y contratista en Argentina entre 1904 y 1907. Posteriormente, de 1908 a 1910, desempeñó roles de constructor e ingeniero en Chile y Perú, donde se registraron las primeras patentes del "sistema Lewen". La primera versión se registró en febrero de 1908 en Chile, y la segunda en noviembre de 1908 en Perú (según la revista "variedades" de 14 de novembre de 1908). Ambas patentes aplican la invención a tabiques y envigados, aunque el sistema extranjero incluye elementos adicionales, como la enfierradura en cruz entre las "grampas" para tabiquería. El hallazgo de un plano de especificaciones de

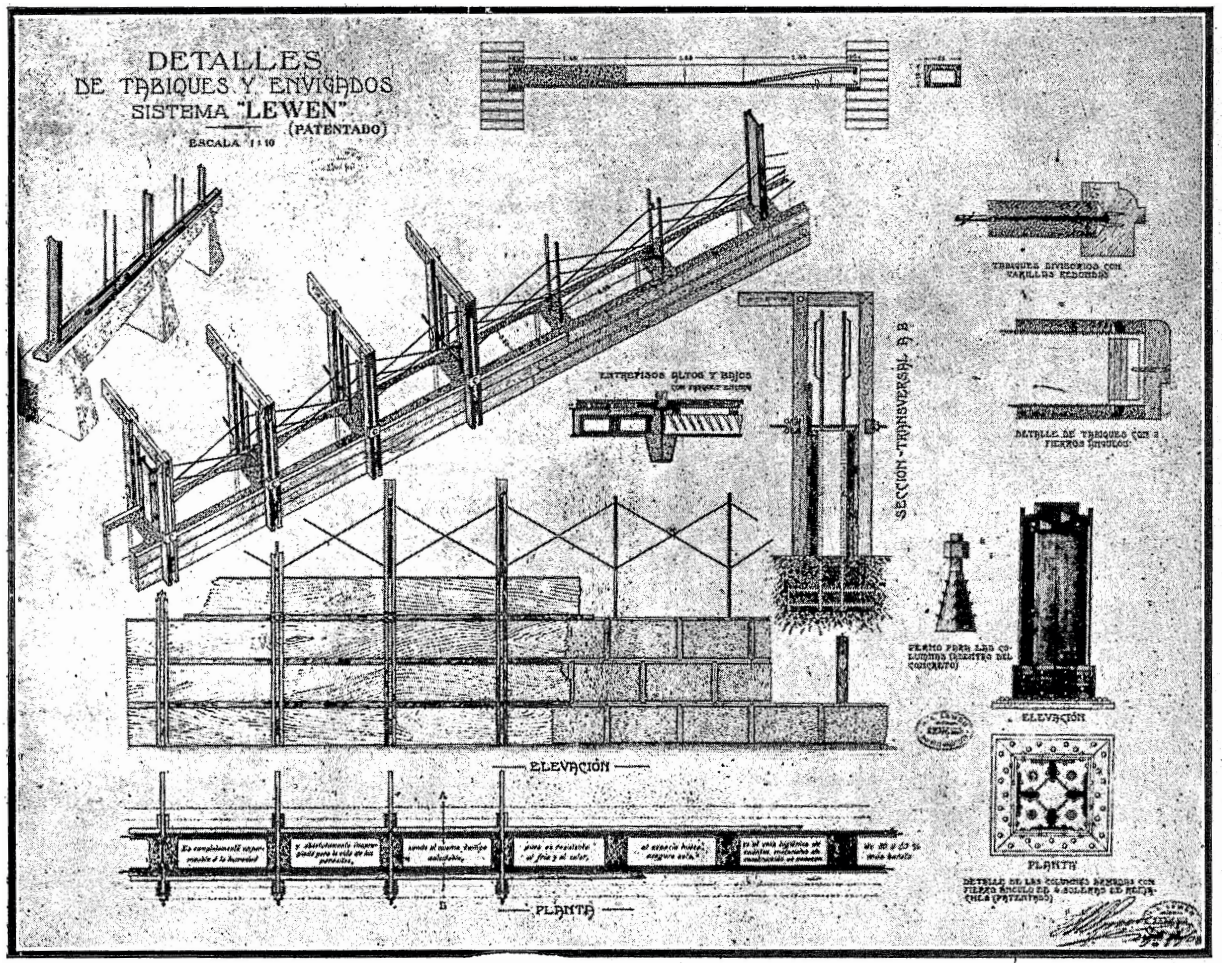


Fig. 166 Recorte de lámina de ilustraciones de la patente "Lewen" extraído de la revista "Variedades" del 14 de noviembre de 1908.

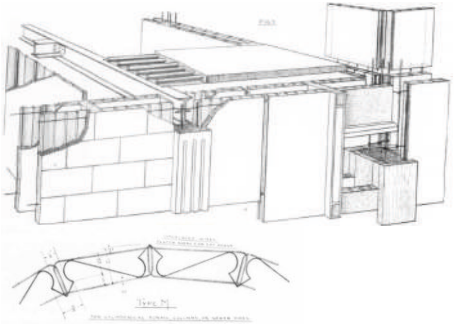


Fig. 167 Sistema Lewen publicado en un artículo de la revista "Manufacters record" de 23 de marzo de 1911.

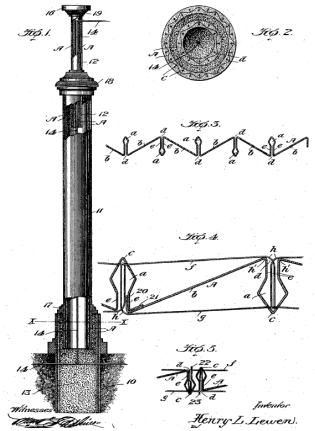


Fig. 167 Patente estadounidense n°986,474, de 1911 por Henry L. Lewen referente a herramienta del sistema "Lewen".

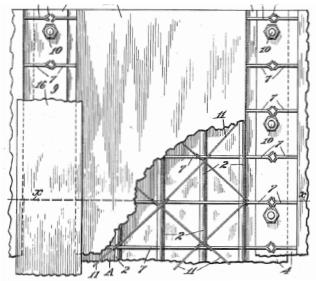


Fig. 168 Patente estadounidense n°995,069, de 1911 por Henry L. Lewen sobre Sistema de construcción "Lewen".

la segunda versión del sistema Lewen ha aportado en la comprensión del sistema patentado en Chile, ya que contiene ilustraciones de elementos no detallados en las ilustraciones de la patente chilena como por ejemplo el empleo de vigas de acero para tabiques, que si bien es mencionado en el archivo de la invención chilena, no es ilustrado en su planimetría.

En 1910, Lewen regresó a su país natal, Estados Unidos, para trabajar en la ciudad de Nueva York. Durante cinco años, exploró el "sistema Lewen" y patentó otras cuatro patentes. El principio en todas sus patentes siempre fue el mismo: crear un sistema "ahuecado" de hormigón armado que pudiera mitigar los efectos de sismos e incendios. Entre los años 1915 y 1916, Lewen tuvo la oportunidad de aplicar su sistema en Panamá.

La tercera versión del sistema Lewen se introdujo en Estados Unidos en marzo de 1911. Esta innovación constaba de una plancha de concreto armado que incorporaba internamente una lámina metálica corrugada. Es importante señalar que la patente asociada a este sistema se refiere específicamente a un dispositivo para la instalación del refuerzo interno de las planchas.

En junio de 1911, Lewen patenta una nueva versión del sistema, en la cual incorpora barras en cruz para el refuerzo de planchas de hormigón junto con un planchas metálicas corrugadas prefabricadas de refuerzo interno. Estos elementos se utilizaban para construir tabiques, muros y losas "ahuecados". Este ajuste buscaba fortalecer los edificios, proporcionándoles mayor resistencia ante sismos e incendios.

En enero de 1912, Lewen patente unas nuevas mejoras para la construcción de losas. Para ello, incorpora un refuerzo de planchas metálicas que envuelven las vigas doble "T" para estructurar las losas de hormigón armado.

En agosto de 1912, se patenta unas mejoras al sistema patentado en 1911 en el cual se aplican unos distanciadores a las placas de hormigón armado para conformar muros y tabiques ahuecados. Estos distanciadores estaban conformados por placas metálicas corrugadas por las cuales se pasaba una barra metálica para conformar la armadura interna de la estructura de hormigón armado.

En términos generales, los sistemas patentados por Henry Lewen presentaron alteraciones morfológicas en cuanto a la manera de abordar la construcción con hormigón armado. En Latinoamérica, se aplicó un sistema de bloques para la formación de muros y losas ahuecados, mientras que en Estados Unidos se buscó lograr estos elementos ahuecados mediante planchas de mayor dimensión y un refuerzo interno de planchas corrugadas. Esto se pudo haber dado debido a la disponibilidad de materiales en cada país, y pese a ello, la idea central del sistema Lewen siempre fue generar elementos ahuecados que pudieran combinarse con vigas de acero para la construcción de edificaciones antisísmicas e incombustibles.

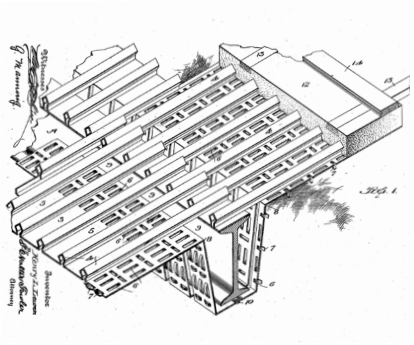


Fig. 169 Patente estadounidense n°1,014,157 de 1912 por Henry L. Lewen referente a mejoras en el refuerzo de losas del sistema "Lewen".

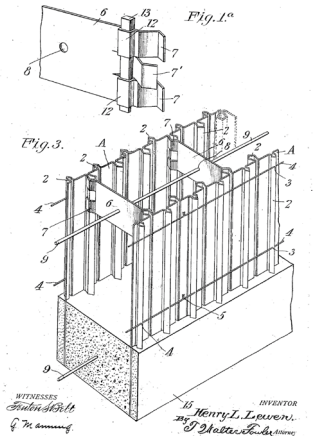


Fig. 170 Patente estadounidense n°1,035,206 de 1912 por Henry L. Lewen referente a mejoras en la instalación del sistema "Lewen"



Pruebas de un sistema de construcción.

El 5 del actual se hizo en Santiago una prueba del sistema Boldi de construcciones, el cual posee la ventaja, inapreciable entre nosotros, de ser casi incendio. Se hizo intencionalmente una fogata con dos tenedores de madera y alquitrán, desarrollando, pues, el calor superior al de cualquier incendio, dentro de una construcción sistema Boldi. (Avenida de las Cuentas N.° 68.) Previamente se habían descubierto trozos de la tabla que hay en el interior de los tabiques Boldi;

La construcción sistema «Boldi» que fue puesta á prueba, en el momento del incendio.

La construcción sistema «Boldi» en el momento de empezar el fuego.

se comprobó que sólo se había carbonizado la parte descubierta, en la superficie; y que el fuego no había seguido hasta la parte encubierta, con el «entrem». La construcción no sufrió absolutamente nada. El Sr. Ricardo Castellaro, introductor del sistema, fué muy felicitado por los asistentes, que lo fueron el Inspector de las Compañías de Seguros, D. Eduardo Guerrero; los contadores señs. Sres. Ricardo Ferrari, Ismael y Julio Prenica, Ladislao Stratorio, Carlos Salinas, Carlos Bouthé, Eduardo Provasoli, Jorge Phillips y otros interesados.

Fig. 170 Artículo sobre pruebas materiales al sistema "Boldi". Fuente: Revista "Sucesos", 5 de octubre de 1911.



Fig. 171 Artículo sobre la inauguración de la población San Eugenio. Fuente: Revista "Zig-zag", 14 de octubre de 1911.



Fig. 172 Artículo sobre pruebas materiales al sistema "Boldi". Fuente: Revista "Sucesos", 5 de octubre de 1911.

Aplicación de patentes desarrolladas en el extranjero e introducidas en Chile entre 1906-1930

- Sistema "Boldi" (1910) / Marco Aurelio Boldi

Se han identificado dos edificaciones que han implementado el sistema constructivo descrito en la patente n°2349 de 1910. Sumado a esto, cabe mencionar que en la revista "Sucesos" del 5 de octubre de 1911 se publicó un artículo titulado "Pruebas de un sistema de construcción". En este artículo se abordaron las pruebas materiales realizadas en una vivienda construida con el sistema "Boldi" con el objetivo de evaluar su resistencia al fuego. Según el artículo, se afirmó que este sistema demostró ser capaz de soportar altas temperaturas sin sufrir daños. La prueba contó con la presencia de concesionarios y aseguradoras interesados en presenciar la resistencia al fuego de este sistema.

Población San Eugenio (1911)

Este proyecto surge como resultado de la Ley de Habitaciones Obreras de 1906, que tenía como objetivo abordar los problemas de vivienda popular mediante la promoción de construcciones higiénicas y económicas, fomentando la participación de sociedades, empresas privadas y propietarios directos.

La Población San Eugenio, inaugurada en 1911, fue destinada a albergar a los trabajadores de la Empresa de Ferrocarriles. Ubicada en la zona sur-poniente de Santiago, ocupaba el espacio entre las calles Basuñan Guerrero, San Alfonso, Arzobispo Va-

lenzuela y Concha Castillo. El proyecto comprendió la construcción de 100 viviendas distribuidas en 4 manzanas. Se emplearon cuatro tipos de viviendas con diferentes dimensiones: la "A" con 154 m2, la "B" con 128 m2, y las "C" y "D" con 181,8 m2. De las 100 viviendas, 21 se construyeron utilizando el sistema "Boldi" de madera cosida con alambre y revestida con cemento, mientras que el resto se edificó mediante el sistema tradicional de cal y ladrillo (Guzmán Alvarado, 2020)

Casa Hoffmann Hubach (1915)

Se construyó en 1915 utilizando el sistema "Boldi" para la familia Hoffmann Hubach en Valdivia. Aunque el sistema patentado fue ampliamente solicitado después del gran incendio de Valdivia en 1909, se abandonó debido a sus resultados insatisfactorios. Según Guarda y Rodríguez, el problema radicaba en que los orificios en las planchas del sistema Boldi permitían el paso de la humedad hacia la madera revestida, provocando el deterioro del estuco de cemento y la descomposición de los tableros internos. A pesar de estos problemas, esta vivienda ha perdurado hasta el día de hoy, incluso resistiendo el terremoto de Valdivia de 1960. (Guarda y Rodríguez, 2013)

En general, la introducción del sistema Boldi en Chile se destacó por su capacidad para resistir los efectos de los incendios. Aunque Marc´ Aurelio Boldi patentó este sistema con la intención de abordar los problemas de la vivienda social en Italia, su eficacia en términos de resistencia al fuego fue evidente, como se describe en su libro "Le Case Popolari: Monografia Completa Tecnico-Economico-Sociale".



Fig. 173 Casa Hoffmann Hubach. Fuente: Casas de Valdivia: herencia alemana, 2013. Guarda y Rodríguez



Fig. 174 Casa Hoffmann Hubach. Fuente: Casas de Valdivia: herencia alemana, 2013. Guarda y Rodríguez

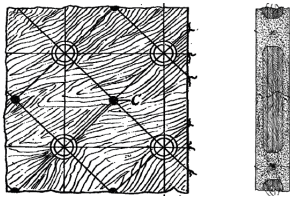


Fig. 175 Placa sin su revestimiento del sistema "Boldi". Fuente: Patente de Reino Unido n°25,370, extraído del buscador en línea de la organización mundial de patentes industriales (OMPI).

CASO DE ESTUDIO: PROPIEDAD DE BERNARDO HOYOS.

APLICACIÓN DE LA PATENTE DE HOMERO CASTRO NORDENFLYCHT DE 1924

La edificación fue proyectada por encargo de la "Empresa de Construcciones de B. Hoyos y Cía." y diseñada por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht en 1926. El arquitecto aplicó su sistema patentado en Chile con el número 5351 en 1924 para el diseño y construcción de la edificación. La ubicación del caso de estudio se encuentra en el cerro de la Merced, específicamente en la calle Tucapel, con sus fachadas posterior y oriente colindando con el propio cerro. La edificación se compone de dos volúmenes, que son independientes entre sí y a su vez se subdividen en tres conjuntos habitacionales, cada uno con dos habitaciones.

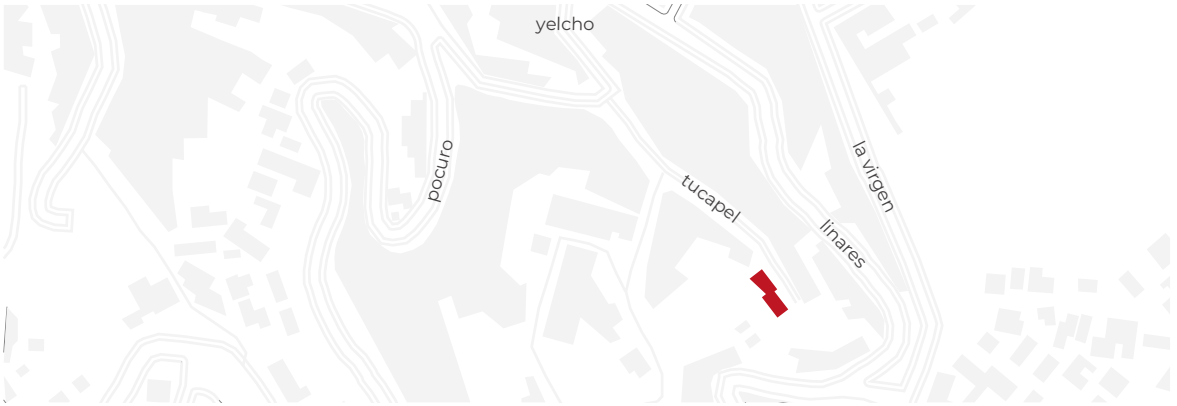


Fig. 176 Elaboración propia.

antecedentes

Aspectos generales del proyecto de viviendas baratas

Como antecedente al caso de estudio, es relevante mencionar que Chile, a principios del siglo XX, fue uno de los primeros países en América Latina en abordar las problemáticas de vivienda en las ciudades industriales. La Ley sobre "Habitaciones Obreras" de 1906 fue un primer paso en la dirección de abordar el hacinamiento, la segregación social, la falta de servicios públicos y las condiciones insalubres en las viviendas urbanas. Esta ley marcó la primera "actuación pública" en el contexto de la vivienda social en Chile creando el Consejo Superior de Habitaciones para Obreros, y tuvo implicaciones significativas en la planificación de ciudades en el país.

Uno de los aspectos de esta ley fue la demolición de los "conventillos" que se consideraban inhabitables

higienicamente. Sin embargo, la falta de reemplazo de estos conventillos generó un aumento en los pre cios de alquiler, lo que llevó a conflictos entre propietarios y arrendatarios. Para abordar esta situación y continuar mejorando las condiciones de vivienda de los trabajadores, el Estado promulgó una nueva legislación sobre "casas baratas" en 1925, junto con el Decreto de Ley de Arrendamientos de 1925. Estas medidas establecieron un marco legal más completo y proporcionaron incentivos para la construcción de viviendas asequibles y la regulación de los alquileres. (Hidalgo, 2002)

El Decreto de Ley N°308 de marzo de 1925 en Chile estableció un nuevo marco para promocionar la construcción de "habitaciones baratas". Este enfoque incluyó garantías a la inversión y un conjunto de medidas tributarias diseñadas para fomentar la construcción de edificios cooperativos colectivos y el desarrollo de nuevas poblaciones urbanas. Estas nuevas comunidades serían planificadas y urbanizadas teniendo en cuenta las exigencias de la higiene moderna, lo que representaba un avance significativo en la mejora de las condiciones de vida.

Para gestionar esta problemática, se creó un organismo específico conocido como el Consejo Superior de Bienestar Social, al cual se le asignó un fondo crediticio para llevar a cabo estas iniciativas. Este consejo desempeñó un papel fundamental en la implementación de las políticas destinadas a abordar el problema de la vivienda obrera y en la promoción de la construcción de viviendas asequibles y saludables para los trabajadores urbanos en Chile. (Folchi D., 2007)

El reglamento de ley complementario al Decreto de Ley N°308 de 1925 en Chile incluyó detalles técnicos que debían ser considerados al proyectar las nuevas viviendas obreras. Estas características técnicas se convirtieron en pautas fundamentales para el proyecto del arquitecto inventor Homero Castro Nordenflycht.

antecedentes

Proyecto de agosto de 1925

La primera propuesta para el proyecto de viviendas, diseñado por Homero Castro Nordenflycht, tiene una fecha de solicitud en la intendencia municipal en agosto de 1925. El proyecto consistía en la construcción de tres edificios que albergarían seis "casitas" destinadas a arriendo, en conformidad con las disposiciones de 1925 sobre "habitaciones baratas". La disposición de las viviendas en el edificio se planificó en distintos niveles, con tres unidades en la planta baja y tres en la planta superior. Este proyecto recibió la aprobación a finales de agosto de 1925, momento en el cual se solicitó la construcción de un muro cortafuegos en el costado norte de la edificación, es decir, en el deslinde poniente del terreno, que representa la única cara que limita con otra edificación contigua.

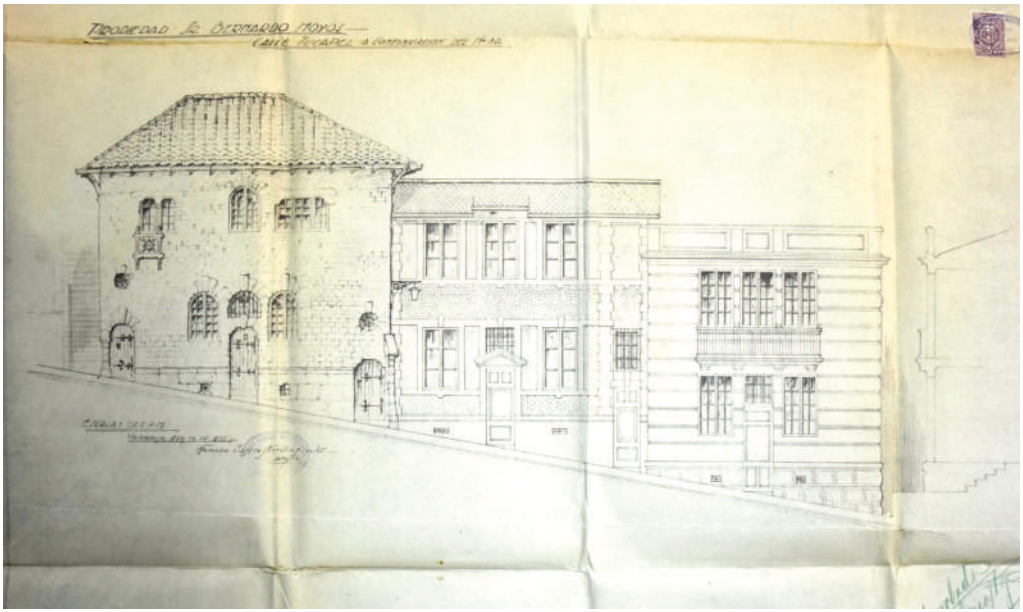


Fig. 177 Elevación de fachada proyecto de viviendas baratas proyectado por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht en 1925. Extraído del archivo histórico patrimonial de la municipalidad de Valparaíso.

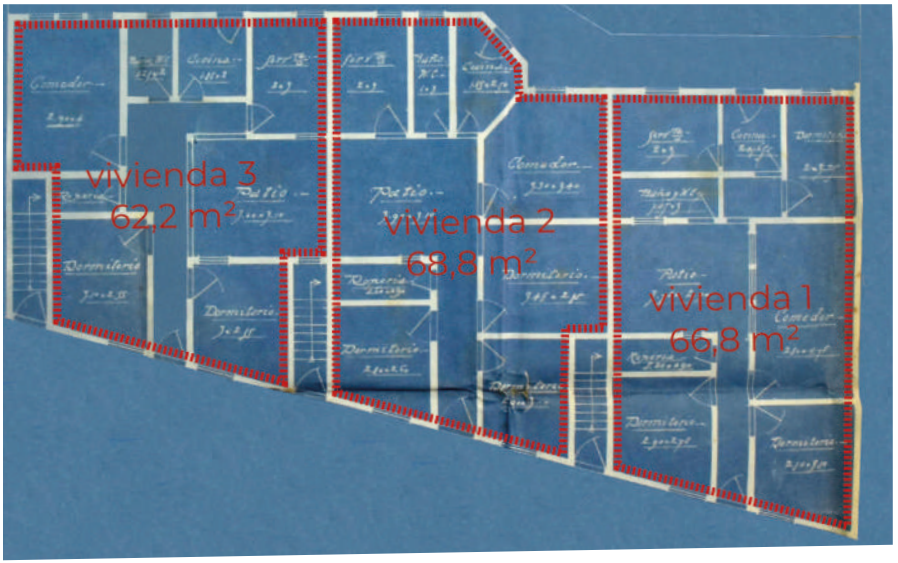


Fig. 178 Planta primer nivel de proyecto de viviendas baratas proyectado por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht en 1925. Extraído del Archivo Histórico Patrimonial de la Municipalidad de Valparaíso.

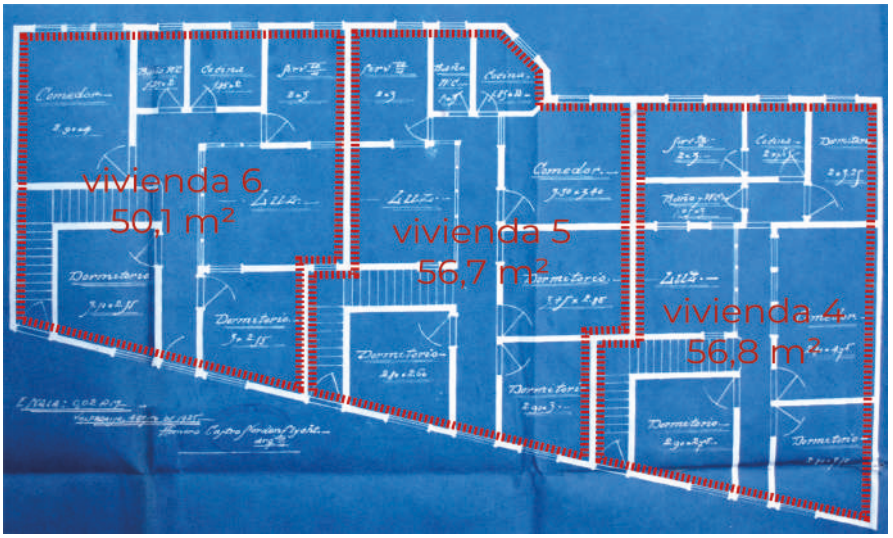


Fig. 179 Planta segundo nivel de proyecto de viviendas baratas proyectado por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht en 1925. Extraído del archivo histórico patrimonial de la municipalidad de Valparaíso.

Proyecto de diciembre de 1926

La segunda versión del proyecto de viviendas fue solicitada en diciembre de 1926, y en esta revisión, se llevaron a cabo modificaciones sustanciales en el diseño del proyecto de edificación. A pesar de estos cambios, el documento de especificaciones técnicas se mantuvo sin alteraciones.

Al analizar la distribución programática de ambas versiones del proyecto, se destacan las siguientes diferencias con respecto a la primera propuesta: las "casitas" ahora se distribuyen en dos niveles cada una, lo que implica un aumento en su metraje cuadrado total a 76,8 m². Además, se introducen duchas tipo "lluvia" en los baños y estos se encuentran ubicados en el exterior de las viviendas. Esta disposición podría indicar una influencia de las ideas de higienismo que se atribuían a las viviendas obreras en ese periodo, buscando separar ciertos elementos "contaminantes" del espacio habitable. Asimismo, se observa una modificación en la distribución de los patios, asignándose uno a cada una de las viviendas.

Aunque las razones precisas por las cuales no se llevó a cabo el proyecto de 1925 no están claras, según el análisis anterior, se podría inferir que esta primera propuesta no cumplía completamente con los requisitos establecidos por el Consejo Superior de Viviendas Obreras, en relación con los beneficios previstos por la normativa de 1925 sobre "viviendas baratas". Los cambios sustanciales introducidos en la segunda versión del proyecto, como la redistribución en dos niveles, el aumento del metraje cuadrado, la inclusión de duchas "lluvia", y la asignación de patios individuales, podrían haber sido respuestas a las observaciones o requisitos específicos del consejo.

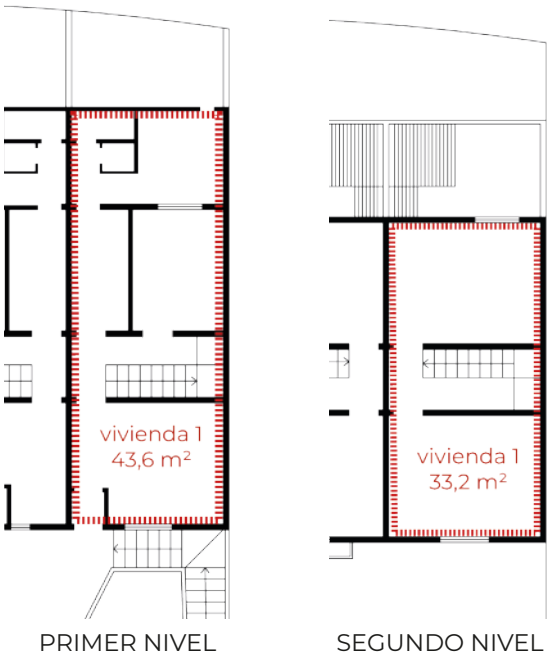


Fig. 180 Planta primer y segundo nivel de proyecto de viviendas baratas proyectado por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht en 1926. Extraído del archivo histórico patrimonial de la municipalidad de Valparaíso.



Fig. 181 Elevación frontal proyecto "propiedad de Bernardo Hoyos" por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht. Elaboración propia a partir de la planimetría original

Elevación principal
1:200

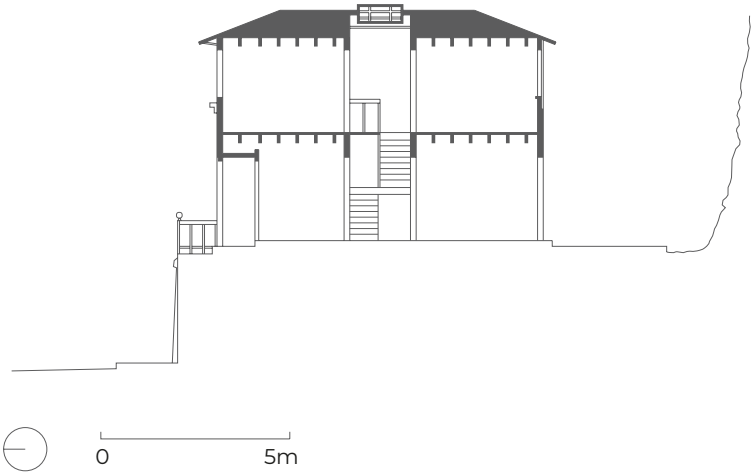


Fig. 182 Sistema "antiguo" de construcciones en cemento armado, según Castro y Sibillá, en el que se emplean moldajes y andamios de

Corte transversal
1:200



Fig. 183 Planta primer nivel proyecto "propiedad de Bernardo Hoyos" por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht. Elaboración propia a partir de la planimetría original

Planta primer nivel
1:200

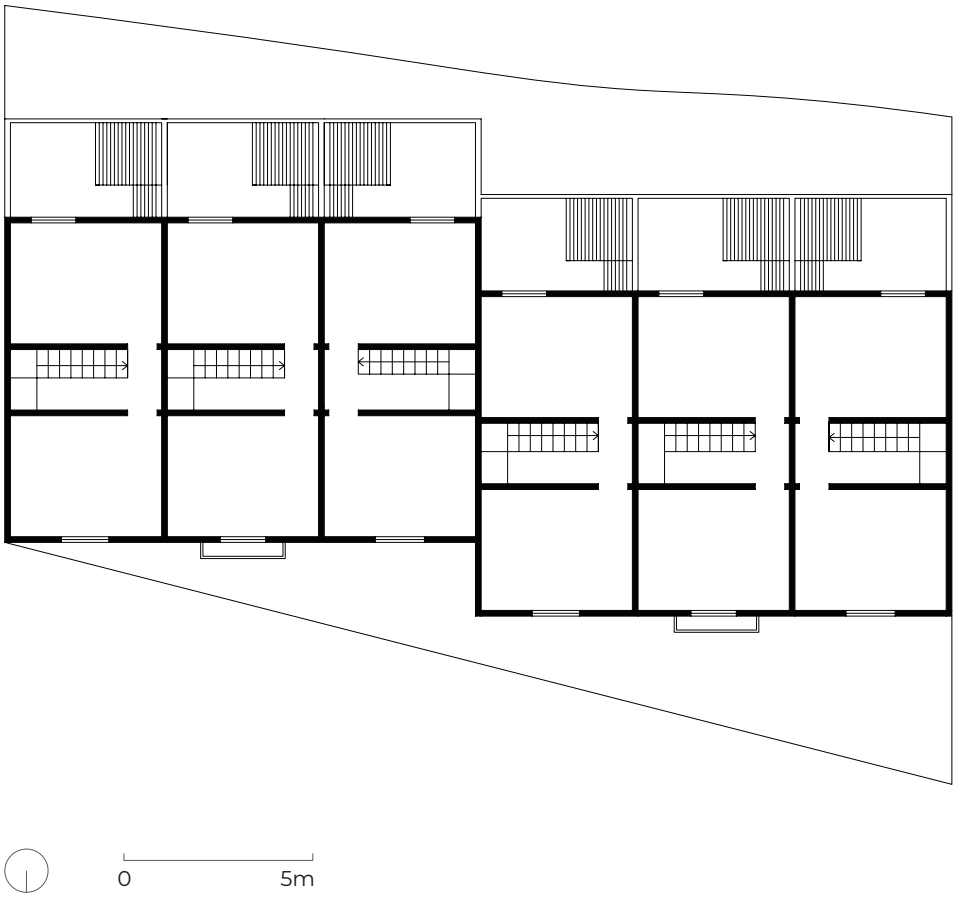


Fig. 184 Planta segundo nivel proyecto "propiedad de Bernardo Hoyos" por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht. Elaboración propia a partir de la planimetría original

Planta segundo nivel
1:200

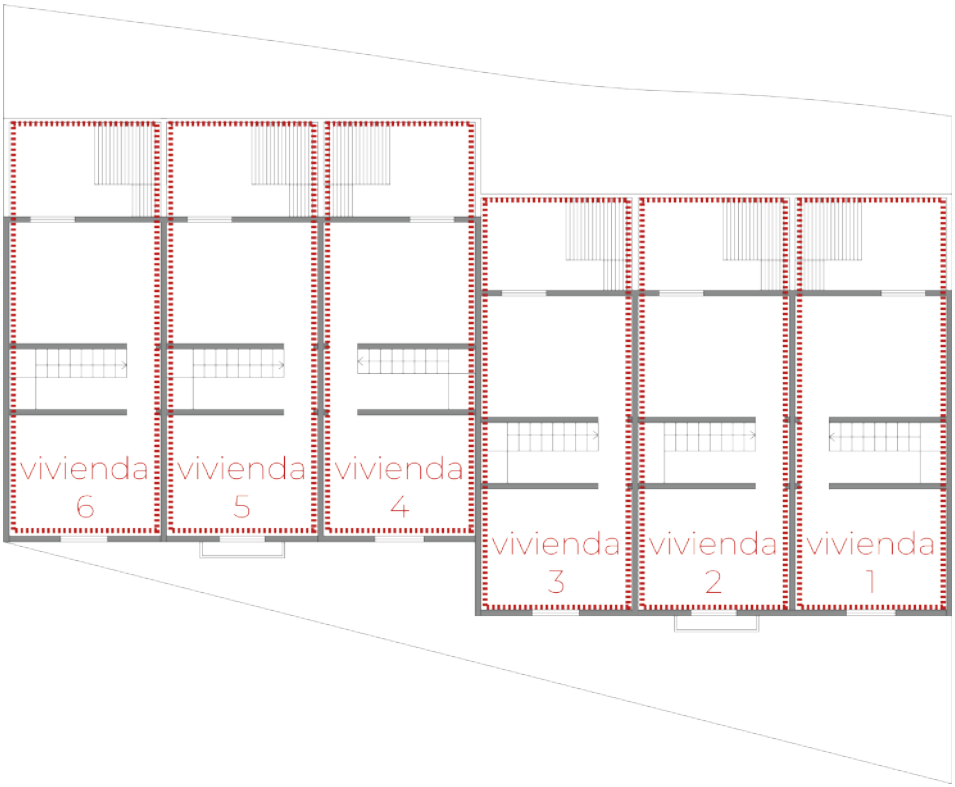
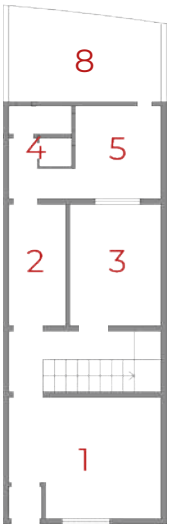


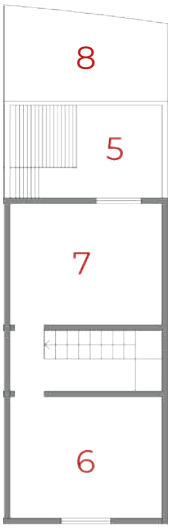
Fig. 185 Planta segundo nivel en donde está demarcado la separación de viviendas del proyecto "propiedad de Bernardo Hoyos" por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht. Elaboración propia a partir de la planimetría original

Planta esquemática 1:200



1. Sala común (12,8 m²)
2. Cocina (4,8 m ²)
3. Dormitorio (7,7 m ²)
4. Baño exterior

Fig. 186 Planta esquemática del primer nivel en donde está demarcado la programática de la vivienda tipo del proyecto "propiedad de Bernardo Hoyos" por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht. Elaboración propia a partir de la planimetría original



5. Patio (10 m2)
6. Dormitorio (12,8 m2)
7. Dormitorio (12,8 m2)
8. Jardín

Fig. 187 Planta esquemática del segundo nivel en donde está demarcado la programática de la vivienda tipo del proyecto "propiedad de Bernardo Hoyos" por el arquitecto Homero Castro Nordenflycht. Elaboración propia a partir de la planimetría original

Planta esquemática 1:200

Disposiciones de la ley n°308 sobre viviendas baratas en el caso de estudio proyectado por Homero Castro Nordenflycht.

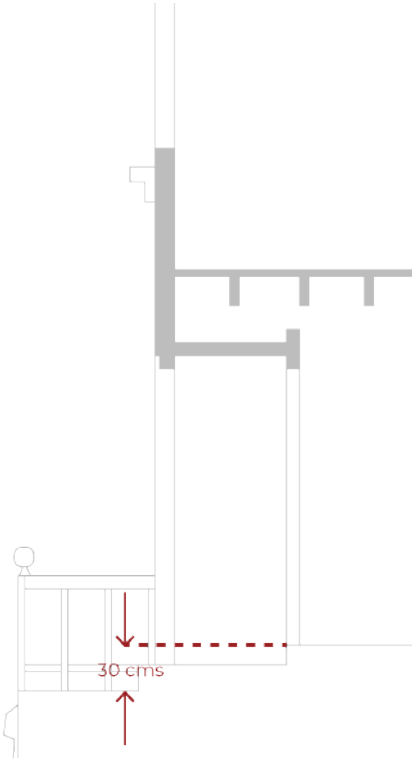


Fig. 188 Sección de elevación de la edificación. Elaboración propia a partir de la planimetría original.

-"Por efectos del desnivel del terreno, los pisos de las piezas quedarán a una altura bastante superior a la de 20 centímetros sobre el nivel de las aceras (...), se ha tenido presente también la relación de niveles entre patios y piezas que el mismo señala (reglamento) "

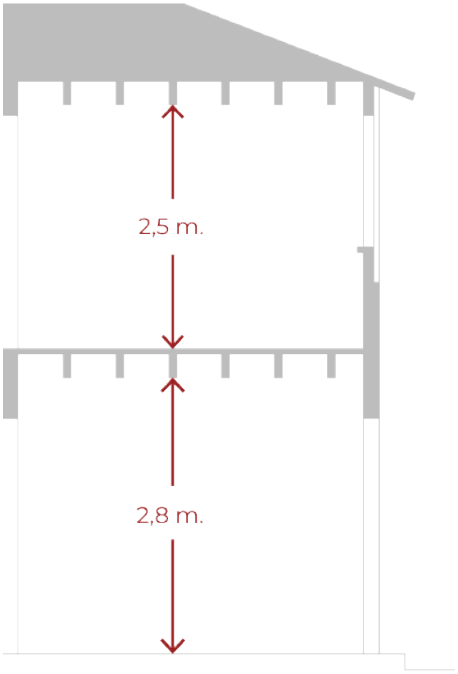


Fig. 189 Sección de elevación de la edificación. Elaboración propia a partir de la planimetría original.

-"La altura de piso a cielo de las piezas será 2,8 metros en primer piso, y 2,5 metros en segundo. Los dormitorios tendrán todos un volúmen superior al minimum de 15 m exigidos"

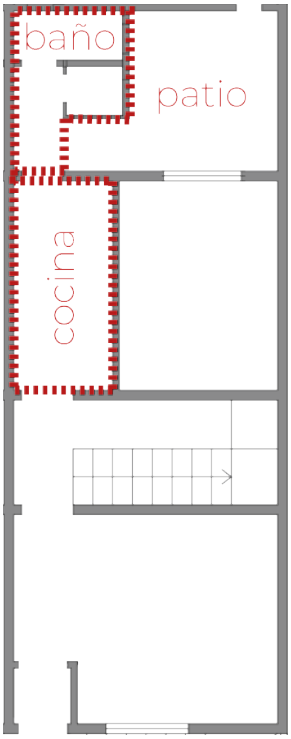


Fig. 190 Sección de la planta de la edificación. Elaboración propia a partir de la planimetría original.

-"Todas las casitas tendrán su instalación completa de baño de lluvia y w.c.- En las cocinas se observará igualmente las prescripciones relativas a las dimensiones mínimas y como no se les dotará de cocina económica, estarán en cambio provistas del conducto de humos y de la campana de fierro que la ley ordena.- Quedarán igualmente provistas de una piedra, fija al suelo, y destinada a trozar leña"

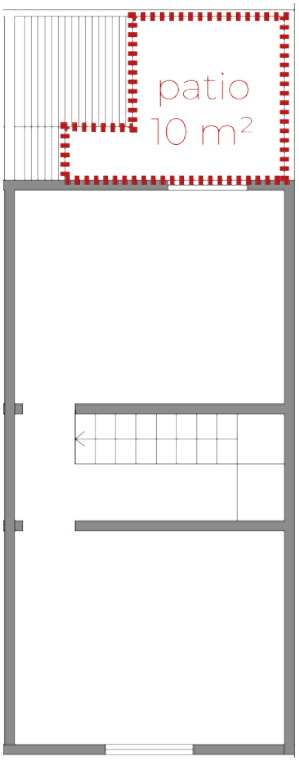


Fig. 191 Sección de la planta de la edificación. Elaboración propia a partir de la planimetría original.

-"Los patios tendrán todos una superficie mínima de 10 metros y sus dimensiones serán todas superiores a 2 metros"

Aplicación de la patente de invención n°5351 de 1924 por Homero Castro N.

En este estudio de la aplicación del sistema C.N patentado en 1924 por Homero Castro Nordenflycht, la principal fuente de información proviene del reconocimiento en terreno y las planímetrias y especificaciones técnicas extraídas del Archivo Histórico Patrimonial de la municipalidad de Valparaíso.

Durante el reconocimiento en terreno, se registraron cambios realizados al proyecto original. En primer lugar, a pesar de que la planimetría de 1926 muestra la construcción de dos volúmenes de tres viviendas cada uno, la edificación oriente ha experimentado una reducción, eliminando las dos viviendas finales de la calle. En segundo lugar, se agregó una estructura de voladizo, que aún permanece en la edificación oriente, mientras que en la edificación poniente sufrió un colapso debido al terremoto de Algarrobo en 1985.

El objetivo principal de este estudio consiste, en primer lugar, en identificar el sistema constructivo patentado utilizando de fuente la patente de invención n°5351 de 1924. En segundo lugar, se busca establecer relaciones entre los componentes de la invención y otros sistemas o elementos constructivos utilizados en la edificación para reconstruir, a través de una interpretación fundamentada en referencias de los sistemas constructivos de la época, un esquema estructural que proporcione una visión integral de la construcción del caso de estudio.

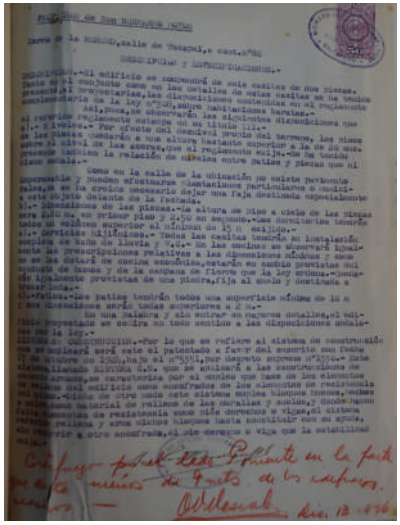


Fig. 192 Especificaciones técnicas de la propiedad de calle Tucapel n°80 del año 1926. Extraída del archivo patrimonial histórico de la municipalidad de Valparaíso.

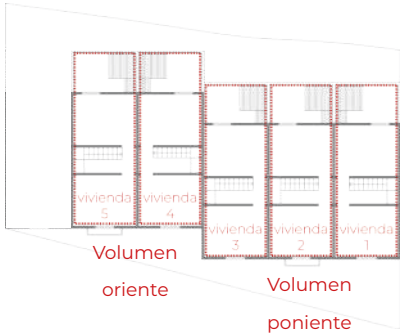


Fig. 193 Planta de la edificación en donde se diagrama la situación edificada del proyecto. Fuente: elaboración propia a partir de la planimetría original.



Fig. 194 Edificación oriente de calle Tucapel n°80 del año 1926 y su estructura de zócalo. Fuente: archivo fotográfico del autor.



Fig. 195 Estructura de zócalo compuesta por bloques del sistema C.N en combinación con pilares y vigas de hormigón armado. Fuente: archivo fotográfico del autor.

Identificación de la aplicación del sistema constructivo patentado

El sistema C.N se caracteriza por la utilización de bloques ahuecados de hormigón en masa, desempeñando una doble función: actúan como encofrado para la estructura portante del sistema y, al mismo tiempo, contribuyen estructuralmente a dichos elementos. La mejora principal de esta invención radica en la eliminación del uso de moldajes de madera, la posibilidad de fabricar estos bloques en serie al emplear las mismas medidas para diversas aplicaciones estructurales, y su facilidad de transporte debido a sus reducidas dimensiones, prescindiendo de maquinaria y mano de obra especializada. Estos bloques fueron empleados para la construcción del zócalo y muros perimetrales de la vivienda.

Estructura de zócalo

El proyecto se encuentra edificado a una diferencia de altura con respecto al nivel de calle. Para ello, se ha construído un zócalo aplicando el sistema C.N de bloques en combinación con una estructura de pilares y vigas que los contiene. Además se ha adherido a ellos una losa en voladizo soportada por una serie de pilares de hormigón armado.

Los bloques del sistema patentado están dispuestos de forma vertical y continua, es decir, no presentan desfase y siguen una línea continua hasta el extremo superior del zócalo. Estos bloques se encuentran rellenos de hormigón con un refuerzo interno de barras de acero para constituir una estructura con

tinua entre sí. Sumado a esto, los elementos están contenidos por una serie de pilares y vigas de hormigón armado que noforman parte del sistema constructivo patentado, por lo que se infiere que pudieron haber sido construídos con un modaje.

Por otro lado, el zócalo incluye una estructura independiente conformado por una serie de pilares que se encuentran adheridos a la estructura del zócalo, y que sostienen una losa en voladizo. Se puede inferir que esta estructura es independiente del zócalo, ya que en la edificación ubicada hacia el poniente sufrió un colapso debido al terremoto de 1985 sin dañar la estructura del zócalo.

Estructura de muros perimetrales

En la segunda aplicación del sistema C.N, los bloques se utilizan en todos los muros perimetrales y portantes de las dos edificaciones. A diferencia de la disposición en la estructura del zócalo, en este caso, los bloques se colocan desfasadamente para crear una trabazón en dos de los encuentros perpendiculares de los muros. Esta disposición alternada de los bloques permite generar una continuidad en los paramentos verticales de los muros perimetrales.

En complemento a lo anterior, se incorporaron cadenas perimetrales en la edificación, las cuales descansan sobre los bloques del sistema C.N. Estas cadenas cumplen varias funciones esenciales: facilitan la conexión entre los entrepisos y las estructuras de techumbre de madera con los bloques rellenados, y



Fig. 196 Unión entre estructura de zócalo y estructura de pilares que soporta el voladizo. Fuente: archivo fotográfico del autor.



Fig. 197 Imagen de la estructura de zócalo de la edificación poniente. Fuente: archivo fotográfico del autor.



Fig. 198 Bloques sistema C.N rellenos de hormigón armado. Fuente: archivo fotográfico del autor.



Fig. 199 Edificación oriente de calle Tucapel n°80 del año 1926 y su estructura de zócalo. Fuente: archivo fotográfico del autor.



Fig. 200 Edificación oriente de calle Tucapel n°80 del año 1926 y su estructura de zócalo. Fuente: archivo fotográfico del autor.



Fig. 201 Edificación oriente de calle Tucapel n°80 del año 1926 y su estructura de zócalo. Fuente: archivo fotográfico del autor.

establecen una conexión más sólida entre los cuatro muros perimetrales de cada edificación. Los muros de fachada de la edificación presentan una ornamentación distintiva, destacando el encuentro horizontal entre los bloques. Este detalle permite realizar dos observaciones significativas. En primer lugar, los dinteles del primer nivel en ambas edificaciones están conformados por bloques que, por consideraciones estructurales, han sido recortados en ángulos para prevenir desprendimientos y transferir eficientemente las cargas a los bloques de soporte. En segundo lugar, las estructuras de madera que sobresalen del plano de la fachada se han unido a la edificación mediante el corte de los bloques en que se apoyan y la posterior aplicación de hormigón para consolidar la unión entre la madera y los bloques. Se infiere que esta forma de unión entre bloques y estructuras de madera ha sido replicada para la unión de los entrepisos de madera y la cadena perimetral que se apoya sobre los bloques del sistema C.N.

Tabiques

La tabiquería del conjunto habitacional se ha construido utilizando un bloque especial del sistema C.N. Estos bloques, diseñados sin la intención de soportar cargas, tienen dimensiones más pequeñas que los utilizados en los muros estructurales. Con medidas de 25 centímetros de largo y 50 centímetros de ancho, su altura coincide con la empleada para los bloques de los muros perimetrales. La conexión entre los elementos se realiza mediante un alambre que conforma la altura deseada, seguido por la inserción de una barra de acero o fierro en la

unión entre bloques, la cual se rellena con cemento. En la parte superior e inferior, cuentan con un machihembrado que facilita su unión, y las barras metálicas permiten la conexión con la estructura de entrepiso que los sostiene.

Luego de identificar y analizar la implementación de los bloques ahuecados y rellenados del sistema C.N en la edificación de la calle Tucapel n°80, se puede concluir que estos bloques se han utilizado principalmente en los elementos verticales de la estructura. A su vez, las cadenas, pilares y vigas de hormigón armado han jugado un papel esencial como conectores, facilitando la integración de diversos sistemas constructivos. Además, estos elementos han desempeñado funciones de contención y aporte estructural para los bloques, contribuyendo de manera significativa a la estabilidad y resistencia general de la edificación.



Fig. 202 Unión entre estructura de tabique y muro perimetral. Fuente: archivo fotográfico del autor.

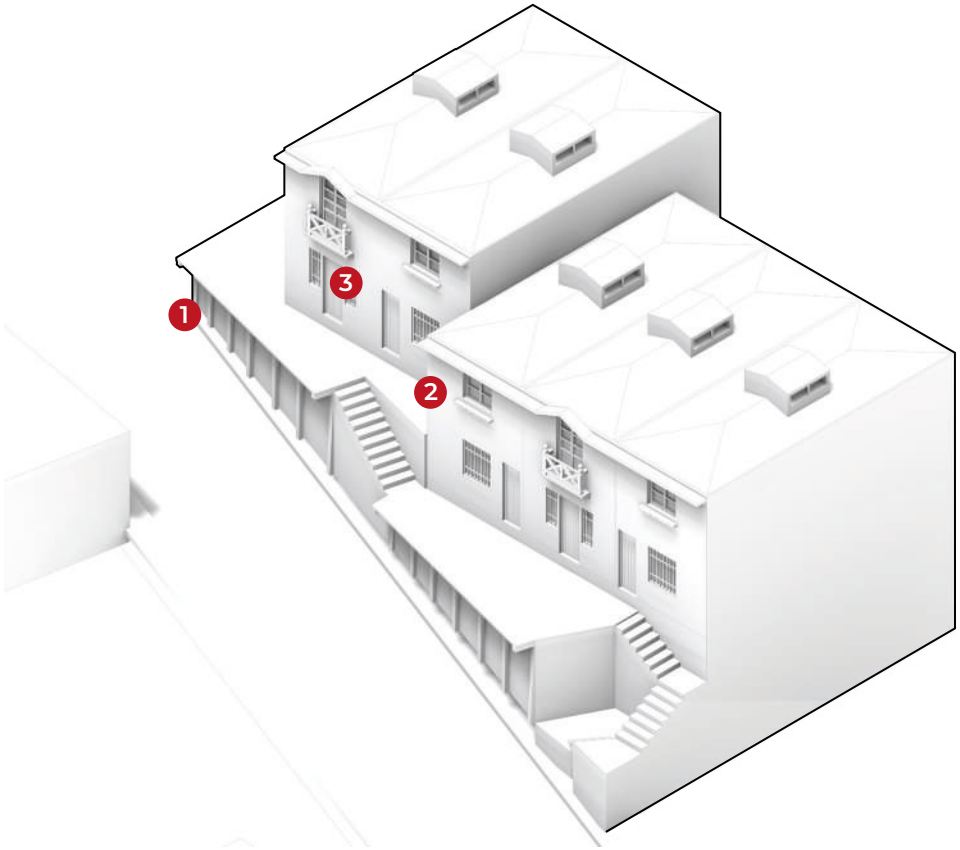


Fig. 203 Isométrica de conjunto de viviendas. Fuente: elaboración propia a partir de la planimetría original.

Aplicación del sistema C.N en la estructura de zócalo de las viviendas

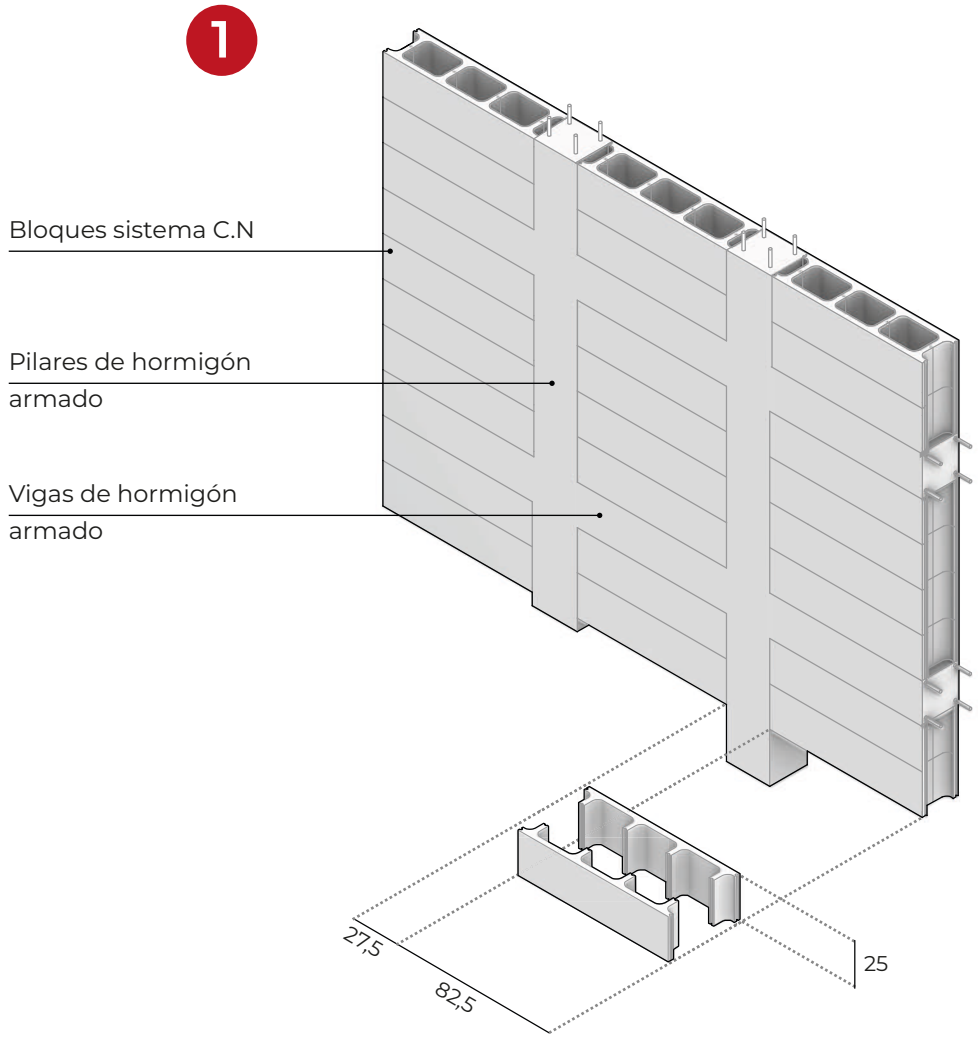


Fig. 204 Sistema de bloques C.N aplicados en la estructura de zócalo de la vivienda. Fuente: elaboración propia a partir de la planimetría de la patente original.

Aplicación del sistema C.N en la estructura de muros de las viviendas

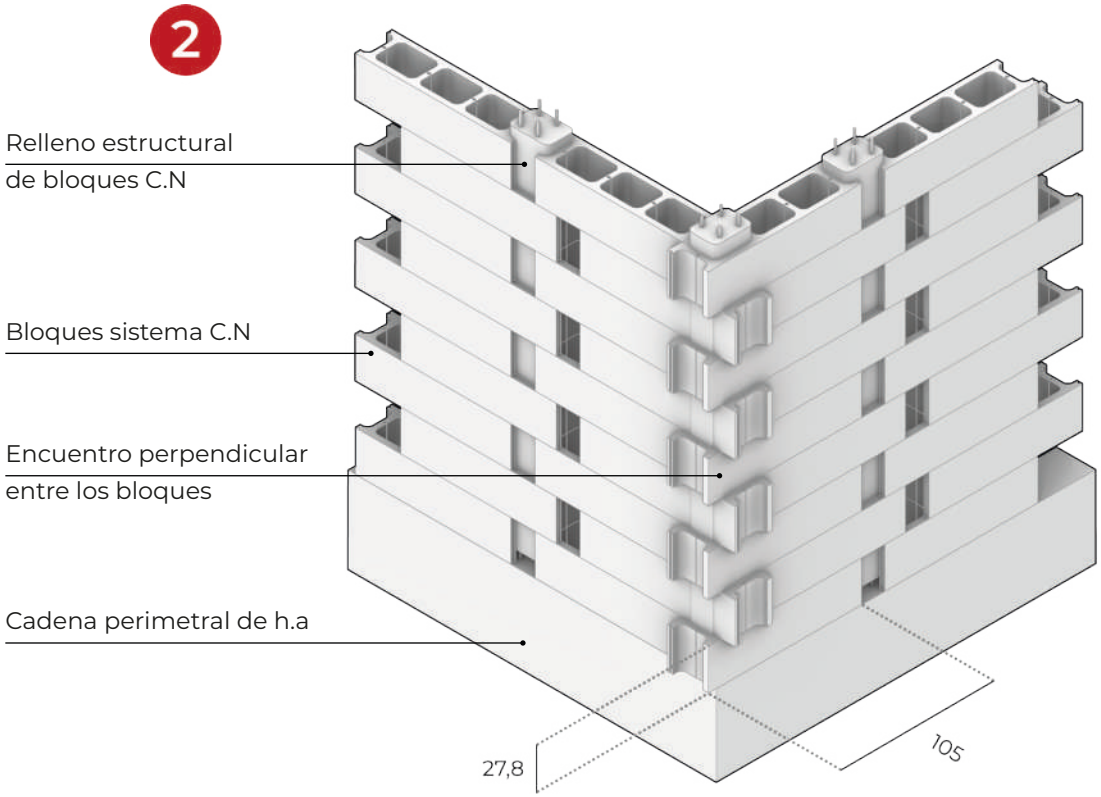


Fig. 205 Sistema de bloques C.N aplicados en la estructura de muros perimetrales de la vivienda. Fuente: elaboración propia a partir de la planimetría original de la patente.

Aplicación del sistema C.N en la estructura de tabiques de las viviendas

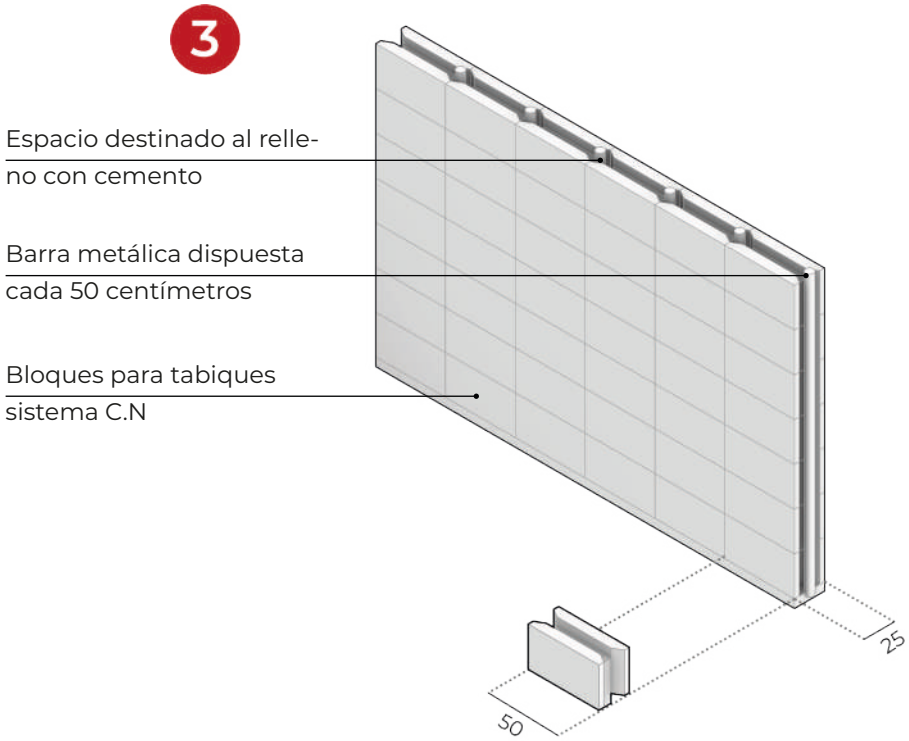


Fig. 206 Sistema de bloques C.N aplicados en la estructura de tabiquería de la vivienda. Fuente: elaboración propia a partir de la planimetría original de la patente.

Aplicación del sistema C.N en combinación con sistemas de madera

Sistema constructivo patentado en combinación con sistemas de madera

Según la planimetría y los testimonios actuales de los residentes, se sugiere que los entrepisos de la edificación se construyeron con un sistema de envigado de madera, a pesar de que el sistema C.N contemplaba originalmente un sistema de losas. Además, se observa que la estructura de la techumbre también está construida con madera, según las fotografías actuales de la edificación.

La conexión entre los bloques del sistema C.N, la estructura de los entrepisos y la de la techumbre se logra mediante tres cadenas perimetrales, ubicadas a nivel del piso, entrepiso y la techumbre. Estas cadenas siguen la proporción de la altura de cada bloque, según se ha podido deducir a través de fotografías.

Por otro lado, las ménsulas de las terrazas que sobresalen del plano del muro se incorporan a los bloques cortándolos y rellenándolos con cemento, similar a lo que pasa con la estructura de techumbre de la edificación.

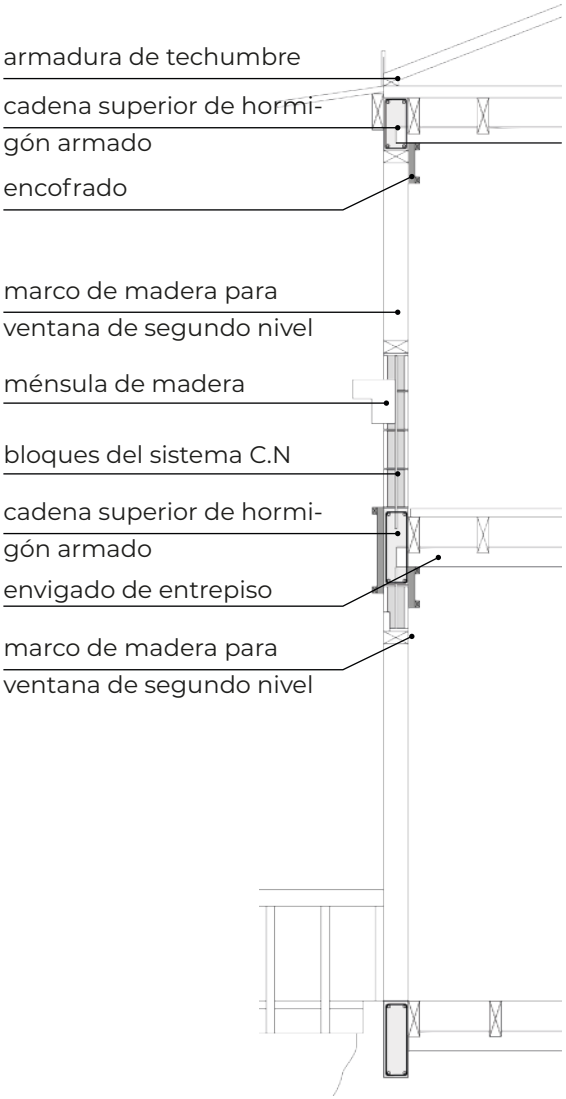


Fig. 207 Escantillón general de la edificación. Elaboración propia.

CONCLUSIONES



◄ **Fig 208**: Dirección General de Obras Púbicas, 1909-1910. Puente Quillota sobre el estero Marga Marga, Viña del mar, 1908.

CONCLUSIÓN

Con los antecedentes recopilados en esta tesis, se puede concluir que el terremoto ocurrido en Valparaíso el 16 de Agosto de 1906 es un hito importante en la historia y desarrollo de la construcción en Chile. Coincidiendo con este hecho, se introducen nuevos sistemas constructivos en el país; el hormigón armado y las estructuras metálicas.

Tanto el cemento como el acero, materias primas esenciales para el hormigón armado, eran importados a Chile desde el extranjero. A pesar de los esfuerzos por establecer una industria nacional siderúrgica, no se logró dicho cometido. No obstante, en el caso del cemento, a partir de 1908, comenzó a operar una industria de cemento Portland en La Calera, ubicada a 67 kilómetros de Valparaíso. La dependencia de Chile de las importaciones de material siderúrgico, agravada por la Primera Guerra Mundial, llevó, según Pérez Oyarzun, a optar, por parte de la dirección de obras públicas, a la construcción de edificios públicos en hormigón armado y con ello, la influencia de arquitectos extranjeros en la promoción de este nuevo sistema constructivo.

A modo general, en primera instancia la aplicación del hormigón armado se dio a la infraetructura civil de la ciudad y luego se comenzó a aplicar en las edificaciones. Debido a su alto costo y falta de mano de obra es que surgen variadas innovaciones que permitirían industrializar su uso.

Luego de revisar los sistemas constructivos patentados en Chile con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos en el período entre 1906 y 1930 y la identificación de casos en que se hayan aplicado los mismos, desde un punto de vista histórico y técnico, es posible afirmar, a modo general, que las innovaciones desarrolladas en Chile entre 1906-1930 se caracterizaron por:

- Estructurarse mediante bloques como unidad básica permitiendo así, evitar el empleo de moldajes, facilitar su instalación y traslado en obra, y la posibilidad de producir estos elementos a una escala industrializada.

- Estar relacionadas con las prácticas de higienismo y vivienda social del país, buscando masificar el uso de hormigón armado, que hasta entonces se empleaba principalmente en edificaciones con un mayor presupuesto económico.

- No haber tenido una amplia aplicación ni un gran impacto en la industria de la construcción chilena. Luego de haber reconocido sólo dos aplicaciones de patentes chilenas en el periodo.

Por otro lado, en cuanto a los sistemas constructivos con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos desarrollados en el extranjero e introducidos en el país entre 1906-1930 es posible afirmar, a modo general que:

- Fueron sistemas constructivos que se estructuraban con unidades básicas de mayor dimensión que las de patentes desarrolladas en Chile entre 1906-1930.

- Se estructuraron a partir de unidades prefabricadas que emplearon la menor cantidad de hormigón posible, en algunos casos esto se lograba mediante el ahuecamiento de sus piezas.

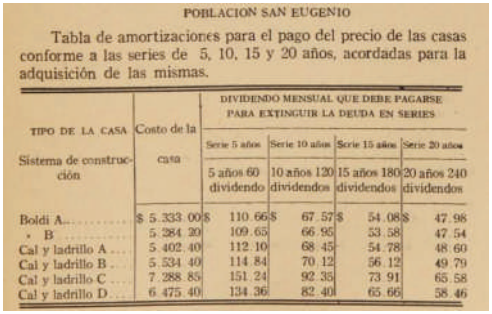
- En términos generales al igual que los sistemas desarrollados en Chile, su aplicación fue a baja escala, resaltando el sistema "Boldi".

Pese a esto, la estructuración de los sistenas constructivos analizados es una muestra física de las preocupaciones en el ámbito de la construcción de aquella época, cuyos objetivos incluían lograr un buen comportamiento ante eventos de carácter sísmico y resistencia a incendios.

En el contexto de la aplicación del sistema Lewen, es interesante observar que a pesar de la impresión general de que los sistemas de hormigón armado fueron importados al país, la patente n°2091 se originó en Valparaíso y fue exportada al extranjero. El sistema "Lewen" se aplicó en dos edificaciones: la ubicada en la intersección de las calles Tivolá y Chillán, y el Palacio Ariztía. Posteriormente, esta invención fue exportado a Lima, e incluso algunos de sus principios fueron presentados en patentes registradas en Estados Unidos. Este hecho evidencia no solo el interés local por la creación de nuevas soluciones constructivas, sino también la atención que despertó la construcción en Valparaíso entre la comunidad internacional. Un ejemplo destacado es el caso de Víctor Auclair, quien también mostró interés en estudiar las prácticas constructivas asísmicas en esta región.

Por otro lado, en el caso del sistema Boldi, a pesar de que fue desarrollado en Italia con el objetivo de abordar las problemáticas de la vivienda social, su introducción en Chile estuvo motivada por mejoras en las estructuras incombustibles. Tal es el caso de su aplicación en la ciudad de Valdivia, según Guarda y Rodríguez, este sistema presentaba deficiencias materiales en los orificios de sus planchas, por lo cuál presentó deficiencias materiales. Pese a ello, existe un caso de su aplicación que sigue en pie hasta el día de hoy. Se trata de la

casona Hoffmann Hubach de 1915 que incluso sobrevivió al terremoto de 1960 de Valdivia.



POBLACION SAN EUGENIO

Tabla de amortizaciones para el pago del precio de las casas conforme a las series de 5, 10, 15 y 20 años, acordadas para la adquisición de las mismas.

TIPO DE LA CASA Sistema de construcción	Costo de la casa	DIVIDENDO MENSUAL QUE DEBE PAGARSE PARA EXTINGUIR LA DEUDA EN SERIES			
		Serie 5 años	Serie 10 años	Serie 15 años	Serie 20 años
		5 años 60 dividendo	10 años 120 dividendos	15 años 180 dividendos	20 años 240 dividendos
Boldi A	$ 5.333.00	$ 110.66	$ 67.57	$ 54.08	$ 47.98
» B	5.284.20	109.65	66.95	53.58	47.54
Cal y ladrillo A	5.402.40	112.10	68.45	54.78	48.60
Cal y ladrillo B	5.534.40	114.84	70.12	56.12	49.79
Cal y ladrillo C	7.288.85	151.24	92.35	73.91	65.58
Cal y ladrillo D	6.475.40	134.36	82.40	65.66	58.46

Fig. 208 Tabla de costos asociado a la casas de la población San Eugenio. Fuente:): Revista "De la habitación", noviembre de 1922.

El caso de aplicación de a patente n°5351 del sistema "C.N" en la ciudad de Valparaíso es un caso muy representativo de lo planteado anteriormente. Esta vivienda está inscrita dentro de las viviendas promovidas por la ley n°308 "sobre viviendas baratas" siendo un procedente de las viviendas sociales establecidas a partir de la ley de viviendas obreras de 1906, como es el caso de la población San Eugenio de 1911. Este conjunto habitacional cumple con los estándares de higienización y de vivienda social de la época, además de ser de las primeras viviendas construídas a partir de un sistema constructivo con componentes de hormigón o la combinación de hormigón con refuerzos metálicos patentados en el período entre 1906 y 1930 en Chile, lo que constituye un caso de relevancia bajo esta perspectiva.

En cuanto a la aplicación del sistema "C.N" se puede afirmar que a través del sistema se logró abaratar los costos de construcción al emplear sus bloques ahuecados. Sin embargo, el caso revela que estos bloques no pudieron ser empleados por si sólos teniendo que incorporar vigas y pilares del sistema "tradicional" de hormigón armado, vale decir, aquellos que empleaban moldajes.

En general, el hecho de que este conjunto habitacional siga en pie hasta el día de hoy, sufriendo daños menores en el terremoto de 1985, revela la eficiencia del sistema patentado para resistir los efectos de sismos. En cuanto a los incendios, no se ha obtenido registro de ello.

En sintesis, los sistemas de hormigón armado introducidos y desarrollados en el país a principios del siglo XX responden principalmente a las solicitaciones sísmicas, de resistencia al fuego y a la reducción de costos de fabricación. Las soluciones constructivas se plantearon desde una innovación a los sistemas en masa de albañilería, incorporando una nueva materialidad pero conservando técnicas constructivas como el apilamiento de bloques.

TRABAJOS FUTUROS

Durante el desarrollo de esta tesis han quedado algunas temáticas abiertas que podrían ser motivo de nuevos estudios. Entre ellas se podría mencionar:

- El aporte de los agentes extranjeros en la introducción del hormigón armado en Valparaíso. Como es el caso de Victor Auclair o la Compañía Holandesa de Obras de cemento armado.

- La aplicación de sistemas patentados en el extranjero y que no hayan sido patentados en Chile, como es el caso del sistema Cottancin, Hennebique o Kahn. Según los registros de Especificaciones técnicas del Archivo Patrimonial Histórico de Valparaíso, estos sistemas han sido aplicados en edificios de la ciudad de Valparaíso. Aunque no hayan sido patentados localmente, su aplicación demuestra la influencia extranjera de metodologías constructivas innovadoras provenientes de otros países y que permitan reconstruír la ciudad luego del terremoto de 1906.

- El levantamiento de información con respecto a los edificios en altura de hormigón armado. Como es el caso del banco Anglo-sudamericano de calle Prat o el caso de la bolsa de comercio de Valparaíso en calle Prat.

- El estudio de las edificaciones y proyectos públicos que hayan empleado el sistema de hormigón armado como es el caso de la antigua intendencia, ubicada en la plaza Sotomayor o las obras del puerto de Valparaíso.

Bibliografía

LIBROS

- **Baldomero Estrada, J. P**. (1987). Valparaíso: metropoli financiera del boom del salitre. En Valparaíso 1536-1986 (pág. 198). Valparaíso: Ediciones Altazor.
- **Ballore, C. d.** (1906). El arte de construir en los paises espuestos a temblores de tierra. Santiago de Chile: Imprenta Cervantes.
- **Christopher Arnold, R. R.** (1987). Configuración y Diseño Sísmico de Edificios (1 ed ed.). Limusa.
- **Forty, A.** (2012). Concrete and culture. [Concreto y cultura]. Londres, Inglaterra: Reaktion Books LTD.
- **Guarda, G., & Rodríguez, H.** (2013). Casas de Valdivia: herencia alemana. Santiago: Banco Santander.
- **Martland, S. J.** (2017). Construir Valparaíso: tecnología, municipalidad y estado, 1820-1920. Ediciones de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos : Centro de Investigación Diego Barros Arana.
- **Millán Urzúa, A.** (1999). Historia de la minería del hierro (primera ed.). Santiago: Universitaria S.A.
- **Palmer Trias, M.** (1971). 50 años de arquitectura metálica en Chile : 1863-1913. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de Historia de la Arquitectura.
- **Paulsen, A.** (2012). La industria del hierro en Chile. En B. f. Chile (Ed.), La industria del hierro en Chile Carlos Vattier (primera ed., págs. 9-23). Santiago de Chile: Cámara Chilena de la Construcción : Pontificia Universidad Católica de Chile : Dirección de Biblioteca Archivos y Museos, Santiago y 2012.
- **Pérez Oyarzun, F.** (2017). Arquitectura en el Chile del siglo XX Volumen I: Iniciando un nuevos siglo 1890-1930. Santiago: Ediciones ARQ.
- **Roa, A. P.** (2016). Fuentes para la historia sísmica de Chile (1570-1906). Santiago de Chile: Ediciones de la Dirección de Bibliotecas, Archivos y Museos.
- **Rodríguez Gómez, C., & Echenique Celis, A.** (1990). Historia de la compañía de acero del pacífico S.A. Huachipato: consolidación del proceso siderúrgico chileno 1905-1950 (primera ed.). Santiago: CAP S.A DE INVERSIONES.
- **Salazar, G.** (2009). La industrialización promovida por los mecánicos y mercaderes extranjeros (1845-194). En Mercaderes empresarios y capitalistas (Chile, siglo XIX) (págs. 593-668). Santiago: Penguin random house.
- **Silva Contreras, M.** (2016). Concreto armado: modernidad y arquitectura en México. El sistema Hennebique 1901-1914 (Primera ed.). Cuidad de México: Universidad Iberoamericana.

- **Simonnet, C.** (2009). Hormigón historia de un material : economía técnica arquitectura. (1era ed.). Donostia-San Sebastián: Nerea.
- **Sottorff, C.** (2020). La Población San Eugenio: una iniciativa de habitación racional en una zona marginal de la ciudad de Santiago. Antecedentes y características. En Circuito Santiago industrial y obrero. -Santiago: Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio.
- **Tobriner, S.** (2006). Bracing for Disaster Earthquake-Resistant Architecture and Engineering in San Francisco, 1838-1933. Newburyport: Heyday.

DIARIOS Y REVISTAS

- **Cerda, J. E.** (15 de Abril de 1906). El concreto armado i el terremoto de San Francisco. Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, págs. 191-192.
- **Gil, M.** (2017). La reconstrucción del valor urbano de Valparaíso luego del terremoto de 1906. (págs. 78-89). Santiago: ARQ. Obtenido de https://dx.doi.org/10.4067/S0717-69962017000300078
- **Henríquez, H.** (26 de Diciembre de 1906). El terremoto de Valparaíso bajo su aspecto constructivo. La Unión.
- **Klein, V.** (1893). Preparación de cales y cemento en Chile. Anales del instituto de Ingenieros de Chile, tomo v(35), 669-683.
- **Knudsen, A.** (1907). Terremotos y edificios antisísmicos. Santiago : El diario Ilustrado.
- **Koning, C.** (1906). Las construcciones i el terremoto. Santiago: Dirección jeneral de obras públicas.
- **Merciot, A.** (Mayo de 1930). Homenaje a Marcel Auclair. Revista de Arquitectura y arte decorativo, año 1(número 10), 448-449.
- **Monge, L.** (1944). El cemento Portland. Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, Agosto(9), 247-264.
- **Monge, L.** (1944). El cemento Portland. Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, Junio(10-11), 289-304.
- **Moretti, G.** (Diciembre de 2022). De las primeras compañías de cemento a las fábricas globalizadas: empresas en Argentina y Chile (1908-1998). Revista historia y patrimonio, Universidad de Chile, 1(1), 1-29.
- **Revista "Sucesos"** (5 de Octubre de 1911). Pruebas materiales.
- **Richard, J. F.** (2012). Historia del Derecho Urbanístico Chileno. Revista de derecho público, Vol. 77, Pág. 79–97.

- **Santa María, D.** (25 de octubre de 1895). Actas del Instituto de Ingenieros. Anales del Instituto de Ingenieros de Chile, págs. 189-191.
- **Zig-Zag, R.** (26 de Agosto de 1906). La catastrofe del 16. Zig-Zag, pág. S.P.
- **Zig-Zag, R.** (14 de octubre de 1911). Inauguración de la población San Eugenio. Zig-Zag, pág. S.P.

TESIS Y PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

- **Aguirre González, M. E**. (2004). La arquitectura moderna en Chile (Tesis doctoral), Universidad Politécnica de Madrid]. Madrid: Archivo Digital - Universidad Politécnica de Madrid.
- **Barriento Monsalve, M.** (2016). La arquitectura de los terremotos en Chile (1929-1972). (Tesis Doctoral), Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- **Basáez Yau, P., & Amadori Gundelach, A.** (1995). Estación Central / Estación Mapocho : construcciones ferroviarias en Santiago. Santiago: Universidad de Chile, Facultad de Arquitectura y Urbanismo y Santiago de Chile.
- **Booth, R.** (2021). Cimentando el centenario: el hormigón en tres edificios de Santiago de Chile a comienzos del siglo XX. Concepción: Atenea. Obtenido de https://doi.org/10.29393/at523-409fpcc40409
- **Couyoumdjian, J. R.** (2000). El alto comercio de Valparaíso y las grandes casas extranjeras, 1880-1930. Una aproximación. (Historia), 33, 63-99.
- **Domouso de Alba, F. J.** (2015). La introducción del hormigón armado en españa : razón constructiva de su evolución. (Tesis doctoral), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- **Guzmán Alvarado, J.** (Octubre de 2020). Estrategias de salubridad: Exploraciones proyectuales en la vivienda obrera ferroviaria de Santiago. (Tesis de magister), Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- **Maino Ansaldo, S., Cabezas, K., & Koch, M.** (2021). “Iron cages.” technical discussions after the 1906 Valparaíso earthquake and reconstruction with new techniques and materials. Barcelona: 12th International - Conference on Structural Analysis of Historical Constructions (SAHC).
- **Maino Ansaldo, S., Correa, M., & Gil, D**. (2022). Innovaciones en la construcción en Valparaíso después del terremoto de 1906. Mieres, España.

- **Maino, Sandro.** (2023). "La lección del terremoto de Valparaíso de 1906, aprendizaje y olvido." En Historia de la ciencia y la tecnología en Chile, Tomo IV: Ciencia, tecnología e imaginarios de la innovación, editado por Carlos Sanhueza, Lorena Valderrama, Nelson Arellano y Cecilia Ibarra, En Historia de la Ciencia y la Tecnología en Chile, 189-214. Santiago de Chile: Universitaria.
- **San Cristobal, A. K.** (2022). Arquitectura, estructuras y sistemas constructivos antes del terremoto de 1906 en Valparaíso. (Tesis de licenciatura), Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso.
- **Tafunell, X.** (2007). “On the Origins of ISI: The Latin American Cement Industry, 1900-30.”. [En los orígenes del ISI: la industria del cemento en latinoamerica, 1900-30]. Journal of Latin American Studies, 39 (2) , 299–328.

CATALOGO TÉCNICO

- **Ideal Machinery Co.** (1907) Catalogs. Estados Unidos: Columbia University Libraries.

LEYES

-Las normativas analizadas de 1907, 1925 y 1926 han sido extraídas del Archivo Histórico Nacional y de la Biblioteca Nacional de Chile.
-Las normativas analizadas de 1911, 1929 y la primera publicación de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción de 1930 han sido extraídas de publicaciones en la revista de los Anales de Ingenieros de Chile.

ESTUDIOS HECHOS EN LA ÉPOCA

- **Navarrete, V.** (1931). Estudio sobre el mercado de fierro y acero para la usina de corral. Santiago: Sociedad Nacional de Minería .

ARCHIVOS

- Archivo de patentes de Invención del Instituto Nacional de Propiedad Industrial, INAPI.
- Archivo Histórico Patrimonial de la Municipalidad de Valparaíso.
- Hemeroteca Biblioteca Severin.