

# HALLAZGOS DE INVESTIGACIÓN

EDITOR: Alfonso Raposo, e-mail: araposo@ucentral.cl

Hallazgos tiene el propósito de mantener informada a la comunidad académica y estudiantil de la FAUP de las principales conclusiones de investigaciones realizadas por los docentes adscritos a sus escuelas y centros de estudio. En cada N° de este Boletín se presentará una síntesis de uno de estos proyectos. En el presente N° se entrega una síntesis de los hallazgos que surgen de la investigación realizada por la Arquitecta Dra. Isabel María García, en el marco de su Tesis Doctoral. La Dra. García es docente de la Línea de Estructura en la Escuela de Arquitectura de nuestra Corporación.

Nombre de la tesis:
<b><i>“El futuro patrimonial de los conjuntos habitacionales de principios de siglo XX en Santiago oriente, Chile”. Puesta en valor y análisis estructural de arquitectura patrimonial en albañilería de ladrillos en la Comuna de Ñuñoa. Arquitectura y Patrimonio cultural – ambiental</i></b>
Directores de tesis: Mariano Pérez Humanes y Félix Escrig Pallarés
Autora: Isabel María García García <sup>1</sup>

- Tesis doctoral defendida en la Universidad de Sevilla, España, el día lunes 15 de Diciembre de 2014.
- Programa ARQUITECTURA Y PATRIMONIO CULTURAL-AMBIENTAL (INVESTIGACION, REFLEXION Y ACCIÓN) convenio de la Universidad de Sevilla, España, con la Universidad Central de Chile.
- Departamento de Historia, Teoría y Composición Arquitectónica de la Universidad de Sevilla.

<sup>1</sup> Arquitecta Universidad de Chile. Máster en Diseño y Cálculo de Edificios, Universidad Mayor. Doctora en arquitectura y patrimonio cultural-ambiental Universidad de Sevilla. Coordinadora de ciclo intermedio Universidad Central. Docente de Línea Estructuras Universidad Central. Docente de Línea Estructuras Universidades de Chile, Tecnológica Metropolitana y Desarrollo



FIG. 2.150, Cortafuego de Tipos 2 y 3, Conjunto La Colmena. Imágenes: Luis Vargas



FIG. 2.115, Imagen extraída de Google Street View.



### SINTESIS DE LOS HALLAZGOS:

La presente tesis doctoral nace como una gran inquietud por restablecer un modelo estructural que hoy en día está fuera de normativa; son las casas de ladrillo artesanal de principios de siglo XX, que no poseen refuerzo de hormigón armado vertical y las más antiguas no presentan ningún tipo de refuerzo en hormigón o metal a la vista.

La elección de la materia de Tesis fue difícil, considerando que los tópicos de doctorado estaban relacionados con historia, teoría y composición arquitectónicas. Afortunadamente fue posible establecer un tema dentro del ámbito constructivo estructural, por lo cual me fue asignado un co- director especialista, sin descuidar lo propio del departamento gestor de tesis. Me desempeño por más de 20 años como profesora de Estructuras en la Universidad Central de Chile y por eso la cercanía a un tema de este tipo. La tipología de vivienda que predomina en el exposición de casos considerado en este estudio, la llevo presente, creo que subconscientemente, desde que era una niña.

Tenía 10 años cuando fui invitada al cumpleaños de una compañera de colegio en la calle Núñez de Arce en Ñuñoa, a pasos de la calle Suecia. Caminar del brazo de mi madre, por una calle curva, en la que no se ve el fondo, vislumbrar árboles frondosos, observar la vereda con baldosas pequeñas a base de pancitos con una franja roja; no perder de vista grandes cubiertas con tejas de arcilla, balcones y volúmenes con entrantes y salientes. Traspasar una hermosa reja de madera con zócalo de ladrillo; cruzar el antejardín de aquella casa, observar los muros con ladrillo verdadero a la vista, franquear un pórtico de acceso. Traspasar el umbral de la casa, sentir la presencia de cálidos revestimientos de madera, como entablados de piso, gradas y zócalos a un tercio de alto de los muros.... Estaba inserta en un cuento, tal como estaría Alicia en el País de las Maravillas. Desde ese día inicié una ardua tarea para convencer a mis padres de vivir en una casa “de ese tipo”.

Existe una normativa que impide construir, ampliar o modificar edificaciones en albañilería de ladrillos sin refuerzo vertical y horizontal, sea en hormigón armado o acero, lo que significaría que los conjuntos de ladrillo de principios de siglo XX, estarían fuera de norma actual y para ser intervenidos deberían atenerse a leyes vigentes; no obstante lo mencionado, se ha observado un buen comportamiento estructural en estas construcciones, por lo que el presente trabajo está orientado a reivindicar dicho modelo.

Se intenta poner en valor la tipología constructiva y estructural mencionada y abrir ventanas de investigación sobre los posibles cambios en la legislación, sin que ello signifique un riesgo ante sismos severos que azotan la región con cierta frecuencia. En paralelo, se pretende destacar dos cuestiones que se derivan de esta puesta en valor: recuperar un paisaje urbano en peligro de desaparición y revitalizar cierto modo de vida que representa determinados sectores en algunas comunas de Santiago de Chile.

La tesis se inicia citando ciertos problemas en la ciudad de Santiago, a fines de siglo XIX; ello habría impulsado a un determinado segmento de la población a huir de una ciudad saturada, para formar comunidades en la búsqueda de una “ciudad jardín”, que se comentaba existía en otros lugares del mundo, que idealizaba un modo de vida diferente. De esta forma se habría empezado a configurar fragmentos de población o conjuntos protegidos en localidades como Ñuñoa, entre otras, que estaría dejando de ser una comuna rural como se bosquejaba, para constituirse en comuna autónoma.

Se muestra escuetamente la historia de Ñuñoa, desde la época de la colonia hasta el presente.

Si a fines del siglo XIX Ñuñoa pudo aparecer como una posible ciudad del suburbio respecto de la comuna de Santiago, especialmente cuando Vicuña Mackenna creó el camino de Cintura, actualmente también estaría induciendo al surgimiento de nuevas ciudades del suburbio.

Se enfatiza como Ñuñoa pasa de ser una comuna rural y de suburbio a un lugar amenazado en la actualidad por una gran densidad y por un impacto ambiental negativo, como resultado de altos edificios que rodean a conjuntos de vivienda que conservan un interesante y casi olvidado modo de vida.

Se estudia la tipología de vivienda económica en Ñuñoa a fines del siglo XIX y principios del XX: los sistemas arriostrados y aquéllos a base de muros, dentro de los cuales se encuentra:

- Casas con muros de adobe en perímetro, muros medianeros en ladrillo y tabiques de madera interiores.
- Casas con muros perimetrales y medianeros en ladrillo sin cadena de refuerzo y tabiques de madera interiores.
- Casas con muros perimetrales y medianeros en ladrillo con cadena de hormigón armado de refuerzo y tabiques de madera interiores.
- Casas con muros exteriores e interiores en albañilería de ladrillo con refuerzos verticales y horizontales en hormigón armado con entrepisos flexibles.
- Casas con muros exteriores e interiores en albañilería de ladrillo con refuerzos verticales y horizontales en hormigón armado con entrepisos rígidos de hormigón armado.

Se contempla el análisis estructural de techumbre típica utilizada en los conjuntos estudiados. Se muestra dos métodos de cálculo de barras de una cercha: nudos y secciones. Se enseña un programa de cálculo asistido por computador, denominado MDsolids, de fácil utilización, que demuestra los mismos resultados que los efectuados manualmente.

Se indica elementos de conexión y de arriostramiento en cubiertas, dada su importancia, por ser una gran carga para el modelo de casas investigado.

Se incurre en el comportamiento de muros, incluyendo fallas significativas y su reparación, así como las características del modelo en estudio. Se examina dos métodos de evaluación de muros utilizados en la tesis para el estudio de casos aceptados por la norma chilena de cálculo sísmico de edificios (NCh 433-96, modificada 2009 y 2011): el estático, sobre la base de no exceder tensiones admisibles recomendadas dentro de la zona elástica de los materiales y el modal espectral, que considera el desarrollo teórico para un espectro de diseño según la zonificación sísmica y características del suelo de fundación de las edificaciones. Luego se describe diversos métodos de análisis sísmico de muros, incluidos los recién mencionados.

Posteriormente se considera un análisis estructural de entramados de madera verticales y horizontales, que constituyen tipologías de principios de siglo XX y también son los muros interiores de los conjuntos estudiados.

Se presenta un estudio de casos de cinco conjuntos habitacionales que muestran características similares; es la época en que irrumpe el modelo de ciudad jardín en la comuna. La observación de casos muestra planimetría, elevaciones, fotografías y cálculos de resistencia. El conjunto Crescente Errázuriz presenta fachada continua, al igual que Leopoldo Urrutia, aunque éste contiene pequeños antejardines por calles de mayor tráfico peatonal y vehicular. Elías de la Cruz, La Colmena y Núñez de Arce contemplan antejardines y todos son de la misma materialidad: muros de ladrillo sin refuerzo vertical, que llama la atención cómo pueden estar fuera de norma en Chile, cuando han resistido sismos tan severos en 86 años. Más aún cuando edificios permitidos por nuestra normativa no los han soportado.

Se continúa con el futuro de los conjuntos patrimoniales estudiados. Se muestra el concepto de sostenibilidad y sus componentes; Las zonas patrimoniales son el sustento de una sociedad que le dio vida y permanencia, que además transmite y recibe el patrimonio heredado, por lo tanto la sociedad contiene sujetos patrimoniales directos e indirectos de origen local, nacional o internacional.

Las zonas patrimoniales son la evidencia de la historia de la arquitectura y urbanismo y de la historia social que identifican culturalmente al lugar y a sus habitantes. El traspaso social del patrimonio entre generaciones o entre individuos, deberá contemplar el aumento de valor en el proceso, de lo contrario estas zonas estarían entrando en decadencia y posible muerte. Por lo tanto es de vital importancia añadir presente a la historia.

Se trata de zonas de estímulo a las acciones públicas y privadas en diferentes segmentos de la economía, residencia, turismo e infraestructura, con la idea de fortalecer el rendimiento de los habitantes, trabajadores y empresarios de modo de garantizar la sostenibilidad y promover desarrollo económico y competitividad. Existen entidades gestoras de acción como el Consejo de Monumentos Nacionales y ejecutoras como Fondart, Consejo Nacional de la Cultura y las Artes y Gobierno de Chile.

Cada zona patrimonial es el lugar idóneo para fortalecer la ciudadanía patrimonial, de manera de establecer un marco institucional eficiente en la gestión, con el objeto de comandar el proceso de rehabilitación del lugar. Se pretende fomentar toda acción a través de la Junta de vecinos.

La zona patrimonial es el lugar representativo de integración con el contexto geográfico que lo representa y mecanismo fortalecedor de la identidad y autoestima de los habitantes. Se deberá cuidar la imagen de elementos agresivos como antenas elevadas, edificios en altura en zonas aledañas y contaminación del aire.

Se considera lineamientos de intervención, como reconocimiento de valores patrimoniales, rebajas o exenciones tributarias, creación del cargo de inspección estructural, nómina de materiales aceptados para intervenciones y mejoramiento de la infraestructura de soporte de los conjuntos entre otros. Tampoco olvidar el perfeccionamiento de los espacios de transición entre espacio público y privado, de manera de rescatar los valores originales observados en la concepción de los conjuntos patrimoniales.

Reforzando el concepto de intervención estructural, de gran importancia, dado que Chile es un país altamente sísmico, cabe mencionar que las casas estudiadas podrían pasar los 100 años sin daños estructurales severos; sin embargo es recomendable controlarlas, monitorearlas y reforzarlas si la inspección lo ameritase, pero con materiales que no llevasen al ladrillo al colapso, dado su gran fragilidad.

Se concluye mencionando el concepto de imagen actual versus imagen futura enfatizando que la vida de barrio se mantiene latente en los conjuntos estudiados. Es posible que a través de los Planes de Manejo de las Zonas Típicas creadas (conjuntos Leopoldo Urrutia y Núñez de Arce), sea factible canalizar actividades que relacionen la vida desde el origen de los conjuntos hasta hoy, integrando en un futuro próximo el pasado con el presente. Se menciona que existen en la ciudad de Santiago barrios como "Bellavista" o "Italia" que están ejerciendo atracción en la comunidad a través de actividades conectoras entre pasado-presente y que sería factible emularlas especialmente en los barrios que presentan protección.

Respecto de los conjuntos que no cuentan con resguardo legal, como zona típica o histórica, tampoco se observan afectados por invasión en la densificación, puesto que si estarían resguardados por su clasificación en el plano regulador local, que permite baja altura y por lo tanto no resultarían de interés para inmobiliarias.

Luego se comenta sobre construcciones contra terremotos que sufrieron cambios a través de los siglos, pasando de rucas mapuches a edificaciones traídas por los conquistadores durante la colonia a América.

A partir de 1928 se construyeron en Ñuñoa los conjuntos habitacionales de vivienda económica aislados, pues era la época que en Chile se asimilaba los modelos de ciudad jardín, con la excepción del conjunto Crescente Errázuriz y de la mayoría de casas de Leopoldo Urrutia que mantenían el concepto de fachada continua. A fines de la década de 1930, los segmentos más acomodados difundieron otra tipología constructiva estructural: la albañilería de ladrillo con refuerzos de hormigón armado. Luego se propagó el uso del hormigón armado por sobre otros componentes hasta el día de hoy en que se ha abusado de las bondades de este material.

Se afirma que existe un cité en la comuna de Santiago (San Diego 924) con muros exteriores e interiores en ladrillo que se fracturaron durante los sismos de 1985 y 2010. Se añade que frente a este cité existe otro, en San Diego 975, que cuenta con muros perimetrales de ladrillo e interiores de madera con relleno adobe con excelente comportamiento en los mismos terremotos. Este último con la misma configuración constructiva estructural que las casas estudiadas en la presente tesis. Es probable que la madera conformando tabiques en muros interiores, ayude a otorgar flexibilidad y movimiento al muro perimetral rígido de ladrillo.

Después de estudiar el comportamiento estructural de las viviendas, se concluye lo siguiente:

- El suelo es un factor preponderante en la resistencia, dada la interacción entre suelo y estructura. Todos los suelos de emplazamiento estudiados son tipo B. (Ver Informe estructural completo en Anexo de cada uno de los conjuntos)
- La flexibilidad de los tabiques interiores de madera impide punzonamiento en muros perpendiculares perimetrales de ladrillo y acorta la luz en la flexión lateral.
- El modelo resiste sismo de acuerdo a normativa vigente, sin la colaboración de armaduras intermedias exigida por el código actual, pero la mayoría de casos estudiados señala que es necesario agregar una armadura de diámetro 10 mm en cada borde de muro de ladrillo.
- Los ladrillos y morteros utilizados son de calidad superior a los usados en la actualidad. Es una deducción porque no se observan daños visuales en los muros de la mayoría de casos estudiados. Los que fallaron acusaron intervenciones de dudosa calidad.
- Las fundaciones aportan una excelente continuidad entre el suelo y los muros; lo demuestra el estado actual de los muros sin daños, pues la estructura se encuentra a la vista exteriormente.
- La ejecución de obras de la época de construcción de los conjuntos, año 1928 a 1930, se regía por una controlada inspección municipal, ahora ausente en normativa, entregada a supervisores privados.

Adicionalmente en Anexo se abordan los sismos y la construcción en Chile. Los tipos de suelo y su importancia en el tipo de edificación. Se examinó la reglamentación vigente con sus fortalezas y debilidades, con el objeto de abrir la posibilidad de cambiar la exigencia en los conjuntos anteriores al año 1930. Se valoró la importancia de la normativa en el desarrollo de tipologías constructivas y estructurales, ya que el modelo de edificio chileno es reconocido en países con riesgo de sismos.

### **Bibliografía complementaria:**

- CORVALÁN, José, CHARRIER, Reynaldo y otros. (1990) El Sismo de Marzo 1985. Chile. Joaquín Monge, coordinador general. Departamentos de Ingeniería Civil, IDIEM, Geología y Geofísica, Facultad de Ciencias físicas y Matemáticas Universidad de Chile. Acero Comercial S.A.
- CRUZ, Ernesto, HIDALGO, Pedro, LUDERS, Carl, RIDDELL, Rafael y otros. (1988) Lecciones del Sismo del 3 de Marzo de 1985. Editado por Luders y Vásquez. Publicado por el Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón. Santiago de Chile.
- DELFÍN, F., ASTROZA, M., AGUILA, y V., SEPULVEDA, L. (1991) Evaluación de la Eficiencia de Soluciones de Reparación para Muros con Daños del Tipo Sísmico en Muros de Albañilería Confinada, Memorias primer Congreso latinoamericano de Patología de la Construcción y III de Control de Calidad, Córdoba, Argentina.
- ESCRIG, Félix. (2004) Características Mecánicas de las obras de Fábrica. STAR 10. Structural Architecture, Capítulos 1 al 6
- FLORES, Rodrigo. (1993) Ingeniería Sísmica. Instituto de Ingenieros de Chile. Santiago de Chile.
- FEILDEN, Sir Bernard M.(1987) Between Two Earthquakes: Cultural Property in Seismic Zones. Ed. ICCROM, Roma, Italia.
- GARCÍA, Belén. (2000) Editora Arquitectura Sísmica. Prevención y Rehabilitación. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona.
- GASCÓN, Margarita y FERNÁNDEZ, Esteban (2001) "Terremotos y Sismos en la evolución urbana de Hispanoamérica. Ejemplos coloniales y estudios de caso". INCIHUSA - Centro Regional de Investigaciones. CRICYT Edita: Instituto Juan de Herrera. Mendoza (Argentina).
- GORDON, J. E. Estructuras o por qué las cosas no se caen. Celeste Ediciones. Madrid.
- GYMPEL, Jan. (1996) Historia de la Arquitectura. De la antigüedad a nuestros días. Könemann. China.
- GUZMÁN, Euclides. (1990) Curso Elemental de Edificación. Tomo Segundo Publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. Impreso en J & C. Productores. Santiago de Chile.
- (1992) Índice Técnico de materiales de Edificación. ITM. Tomos I y II. Plomada Ediciones. Segunda edición. Santiago de Chile.
- HEYMAN, Jacques. (1995) Edición a cargo de Santiago Huerta Fernández. Teoría, historia y restauración de Estructuras de fábrica. Colección de ensayos. Instituto Juan de Herrera. Madrid.
- (1995) El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica. CEHOPU, CEDEX, Ministerio de Fomento e Instituto Juan de Herrera. Madrid.

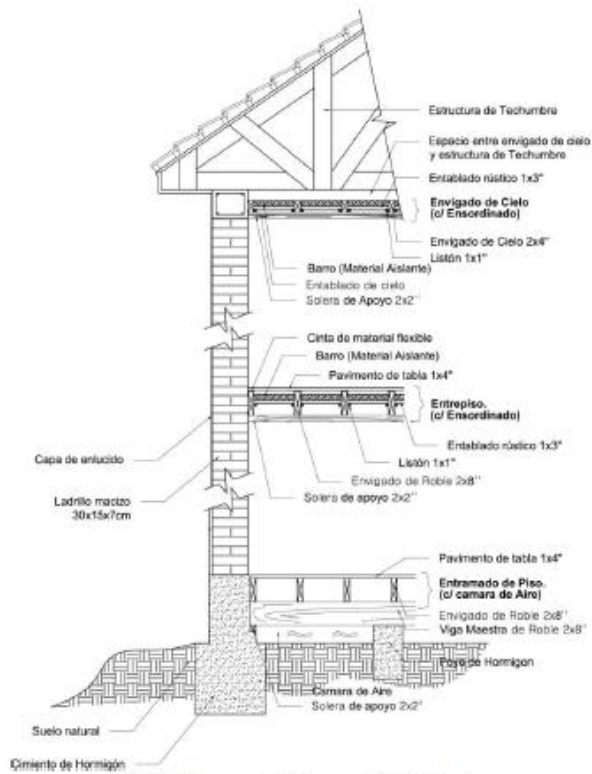


FIG. 2.298, Imagen: Luis Vargas y Cristobal Morales



FIG. 2.297, Imagen: Luis Vargas

## MÁS ALLÁ DE LO DICHO". ÁREAS DE VINCULACIÓN CON EL MEDIO:

Queda la inquietud por investigar y actuar sobre la elaboración de una nueva normativa sísmo resistente, sobre lineamientos de intervención en los conjuntos observados, estudios respecto a control de densidades en Ñuñoa y reparación estructural de edificios protegidos. Ñuñoa posee muy buen suelo de fundación, que ha contribuido a mantener edificaciones en pie, ejecutadas con buenas técnicas constructivas e inspección idónea; no obstante, hay comunas con suelos de mala calidad que merecen ser estudiados, de modo de establecer una normativa adecuada, puesto que tanto la población como la administración local insisten en construir sobre ellos. Referencia de esta situación, son los casos que fallaron en sismo del 27 de febrero de 2010 en Chile.