

EL EDIFICIO CHILENO Y LA CONVENCIÓN SISMORRESISTENTE



El edificio chileno y la convención sismorresistente

Fecha Recepción: 28 agosto 2019

The Chilean Building and the Earthquake-Proof Building Standards

Fecha Aceptación: 4 diciembre 2019



PALABRAS CLAVE

Edificio chileno | norma chilena de diseño sísmico | *arquitectura* | ingeniería estructural | construcción empírica

KEYWORDS

Adaptability | *Chilean building* | *Chilean Seismic Design Code* | *Architecture* | *structural engineering* | *Empiric construction*

Marco Barrientos

Universidad Diego Portales

Escuela de Arquitectura

Santiago, Chile

marco.barrientos@udp.cl

Resumen_

El trabajo indaga la noción de *edificio chileno*, en tanto convención estructural basada en el empleo de muros de hormigón armado como recurso sísmicamente eficiente. Se contrasta la idea y la práctica de esta convención con la norma chilena de diseño sísmico a través de tres obras de arquitectura construidas entre la década de los sesenta y 2009. Finalmente se debaten los alcances respecto a la convención y se propone una ampliación conceptual del *edificio chileno* desde una perspectiva arquitectónica.

Abstract_

The article inquires into the notion of *Chilean building* as a structural standard based on reinforced concrete walls as a seismically efficient resource. The theory and practice of this convention are contrasted with the Chilean Seismic Design Code through three local architecture projects built within the 70's decade and the year 2009. Finally, the significance of this convention is discussed, proposing a conceptual expansion of the *Chilean building* from an architectural perspective.

Figura 1: Edificio Cruz del Sur (Luis Izquierdo, Antonia Lehmann Arquitectos, Santiago, 2008-2009). Fachadas norte y oriente. Fotografía: Marco Barrientos.
Figure 1: Cruz del Sur Building (Luis Izquierdo, Antonia Lehmann Architects, Santiago, 2008-2009). North and west facades. Photograph: Marco Barrientos.

LOS TERREMOTOS DE 1985 Y 2010 Y EL DECURSO NORMATIVO

La naturaleza de todo instrumento de regulación en general, y de la edificación en particular, se funda en la necesidad de establecer límites y restricciones en pos de uno o más objetivos. Más específicamente, las normas sísmicas tienen por objeto principalmente proveer «coeficientes de seguridad (...) con el fin de alcanzar un razonable grado de protección contra el riesgo de debilidades constructivas» (Vásquez, Riddell, Cruz, & Lüders, 1993, p. 191). Pero sucede que, además, este tipo de normas se desenvuelven en un campo sembrado de incertidumbre —regido por la imprevisibilidad del fenómeno sísmico—, donde las probabilidades ofrecen rangos de aproximación hacia una certeza que, como tal, resulta una utopía (Jacobsen, 1956).

Por otro lado, el proyecto arquitectónico, el diseño y el cálculo estructural pueden tener base como ejercicios y procesos abstractos y teóricos. En la medida que una obra se edifica, será posible evaluarla en función de parámetros tales como su capacidad de resistencia sísmica. Esta clave permite iluminar el desarrollo de la arquitectura en Chile, cuya producción ha estado marcada por grandes y destructores sismos, así como por consecutivos ajustes normativos.

Desde esa perspectiva, parte de los terremotos recientes más importantes son los de San Antonio (1985) y Cobquecura (2010), con magnitudes de 8.0 Mw y 8.8 Mw respectivamente (Centro Sismológico Nacional, s.f.). En ambos, los daños identificados incidieron en ajustes a las normas referidas al cálculo antisísmico de edificios (NCh433 Of.72) y al diseño sísmico de edificios (NCh433 Of.96). En el primer caso, se estableció que los edificios más afectados fueron los de tamaño intermedio, en especial los de albañilerías cuyos daños fueron atribuidos a «errores conceptuales de diseño, mala ejecución y proyectos incompletos» (Flores, 1993, p. 172). Mientras que los edificios en altura fabricados en hormigón armado demostraron desempeños aceptables y efectos marginales (Vásquez et al., 1993). Las principales modificaciones a la norma, en cambio, se tradujeron en la zonificación

sísmica del territorio continental, con valores de aceleración diferenciados según la proximidad al borde costero y dividido en tres fajas de norte a sur: costa, centro y cordillera (NCh 433 Of.96); y la inclusión de disposiciones para diseño de muros de hormigón armado sin verificar disposiciones de elementos de borde (Music & Ponce, 2014), entre otras. Esta norma recogió también, de la versión anterior, los métodos de cálculo estático y dinámico, así como disposiciones varias (forma y uso del edificio, factores de seguridad, centro de gravedad, etc.).

El terremoto de 2010, en cambio, implicó la revisión crítica de los estándares relativos a los tipos y calidad de suelo, el espectro de diseño, los valores para desplazamientos laterales de techos y márgenes de cálculo en base a muros de hormigón armado con elementos de borde (Music & Ponce, 2014). Otros factores como configuraciones geométricas irregulares, y convexas (Arnold & Reitherman, 1982) fueron también relevados como causal de daños. Igualmente, se pudo identificar la existencia de problemas estructurales en edificios de hormigón armado producidos por discontinuidades en elementos soportantes y transmisión de cargas axiales.

Un seísmo destructor no solo permite efectuar análisis críticos a partir del trabajo de campo. Permite también reconocer las soluciones estructurales y constructivas que han reportado desempeños eficientes, lo que implica, en buena medida, la validación de un modelo teórico que ha sido puesto a prueba de manera empírica. Es una instancia única en que confluyen la teoría y la práctica de la arquitectura junto con el diseño estructural y la construcción, por un lado, y el evento sísmico, por otro. O, dicho de otro modo, un laboratorio natural que en Chile ha sido fuente fundamental para los avances en materia de resistencia sísmica (Flores, 1993) con aplicación en distintos tipos edificatorios, como el edificio en altura de hormigón armado.

De hecho, tras los sismos de 1985 y 2010 se constató que, salvo casos puntuales, la gran mayoría de estos tuvieron desempeños adecuados (Bonelli, 1993; Lagos et al., 2012; Riddell, Wood, & De La Llera, 1993; Vásquez et al., 1993) a pesar del poder destructor de ambos eventos.

EL EDIFICIO CHILENO. DE LA IDEA A LA PRAXIS

El *edificio chileno*, como concepto, carece de una definición explícita en el medio académico, aunque algunos autores coinciden en referirlo a una práctica de estructuración de construcciones en altura en base a muros de hormigón en alta densidad (A. Arias, 1993; Bonelli, 1993; Riddell et al., 1993) y que se clasifican en dos tipos: «muros de cortante, [y] muros de rigidez o muros sísmicos de hormigón armado» (A. Arias, 1993, p. 173). Se desconoce también el momento en que se comenzó a asentar esta práctica. Flores propone que los edificios construidos en Chile hacia la década de los cuarenta (concebidos apenas bajo reglas de cálculo) se asentaron en dos principios básicos: estructuración simétrica y «disposición de elementos resistentes continuos desde la base, con espesores y armaduras decrecientes según la altura» (Flores, 1993, p. 169), a partir de lo cual se afianzó el rasgo esencial del edificio local marcado «por una alta densidad de muros» (Flores, 1993, p. 169). En cambio, Arias recoge la tesis de Monge, Moroni y García (1986), quienes atribuyen su masificación a la norma chilena NCh 429 Of.57, por cuanto en ella «se establece para cada clase de hormigón, una tensión de corte límite, bajo la cual no es necesario diseñar armaduras resistentes al corte» (A. Arias, 1993, p. 177). Con todo, es un rasgo característico medianamente aceptado y difundido cuyo «resultado es típico de nuestros edificios altos» (A. Arias, 1993, p. 176). Probablemente la mayor contribución aportada por este tipo estructural radica en su eficiente resistencia ante grandes y violentos terremotos, pero también al hecho de que haya permitido consolidar construcciones de mediana y gran altura sin por ello rebasar los márgenes de seguridad normados. Se trata de una práctica que se ha ido asimilando de manera paulatina en la cultura sísmica local.

Si las normas de edificación encauzan y limitan el diseño (arquitectónico y estructural) con el fin de asegurar determinados márgenes de estabilidad, la adopción extendida del *edificio chileno* ha devenido en una convención implícitamente aceptada, pero no necesariamente derivada del marco normativo. Por otro lado, los criterios de estructuración del *edificio chileno* han sido validados por la práctica y la experiencia sísmica. Ahora bien, cabe

preguntarse hasta qué punto el *edificio chileno* ha provisto herramientas igualmente eficientes y operativas en el campo de la arquitectura local, considerando que sus requerimientos (programáticos, espaciales, funcionales y formales) obedecen normalmente a exigencias de naturaleza distinta. O, desde un punto de vista inverso, en qué medida la densidad de muros en que se funda el *edificio chileno* ha extendido o bien limitado las posibilidades arquitectónicas en construcciones en altura en el país.

RESISTENCIA SÍSMICA Y CONVERGENCIAS TECTÓNICAS

Si el tipo de estructuración en base a muros de hormigón armado —en sus dos modalidades— ha sido validado en el medio de la ingeniería en Chile, su aplicación en el campo de la arquitectura y su aceptación como convención no parece tan clara, al menos de forma tácita. Entre otras razones porque los muros —como elemento soportante y arquitectónico— implican aportes a la rigidez del esqueleto, pero suponen también un recurso propicio para la división o compartimentación de un espacio determinado no siempre deseable, como ocurre en programas y espacios con requerimientos de flexibilidad (A. Arias, 1993). También pueden generar impacto en decisiones espaciales y plásticas tendientes a privilegiar elementos estructurales esbeltos y aislados, como los pilares. Se presenta así un problema tensionado por las exploraciones arquitectónicas y las soluciones estructurales que no siempre confluyen en un orden y una resolución formal común. La cuestión de fondo reside, de todos modos, antes que en los desencuentros disciplinares, en ciertas convergencias que, mediante operaciones articuladas, permiten el surgimiento de propuestas arquitectónicas que encarnan reinterpretaciones estructurales capaces de permear las fronteras entre ambas disciplinas. Con lo cual se refuerza la idea de que a la arquitectura «le pertenece, por derecho propio, la creación y el esplendor de las formas adecuadas (...) y [que] necesitan [igualmente] apoyarse en el conocimiento científico y en el poder técnico» (Rojo, 1969, p. 130). Desde esta perspectiva, el *edificio chileno* debiese ser comprendido desde una dimensión más amplia que involucre también la componente arquitectónica.

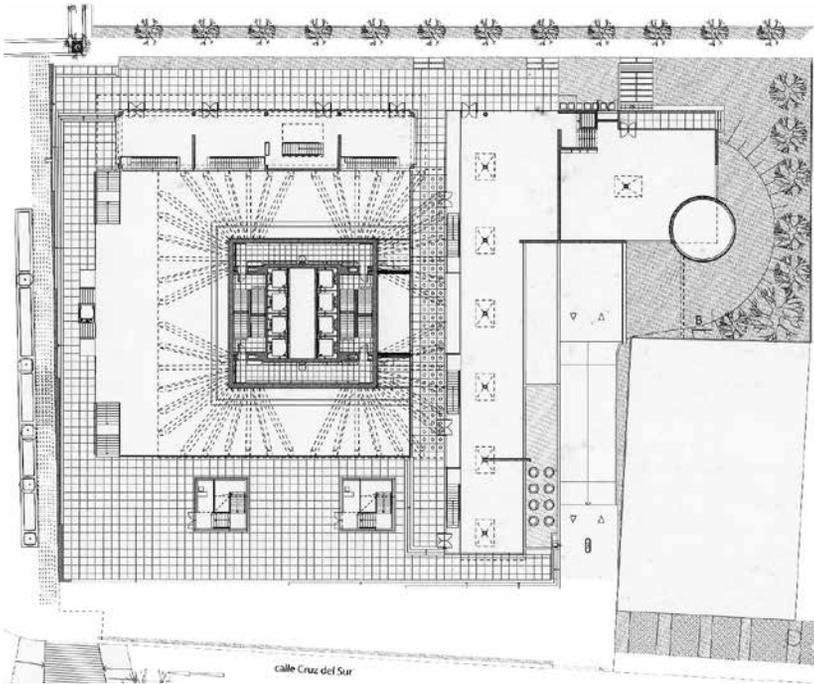


Figura 2: Edificio Cruz del Sur (Luis Izquierdo, Antonia Lehmann Arquitectos, Santiago, 2008-2009). Planta baja nivel + - 0.0.
 Figure 2: Cruz del Sur Building (Luis Izquierdo, Antonia Lehmann Arquitectos, Santiago, 2008-2009). Ground floor level + - 0.



Figura 3: Edificio Cruz del Sur (Luis Izquierdo, Antonia Lehmann Arquitectos, Santiago, 2008-2009), detalle núcleo nivel planta baja. Fotografía: Marco Barrientos.
 Figure 3: Cruz del Sur Building (Luis Izquierdo, Antonia Lehmann Arquitectos, Santiago, 2008-2009). Ground floor core detail. Photograph: Marco Barrientos.

A través de ciertos casos, es posible comprender hasta qué punto el *edificio chileno* presenta variantes que llevan al límite su resistencia y sintetizan, al mismo tiempo, conceptos estructurales imbricados con una idea arquitectónica, espacial y plástica. Se examinarán tres obras construidas durante las últimas cinco décadas, todas ellas cruzadas por procesos de modificación de la norma chilena y grandes seísmos. El examen visita las obras en sentido cronológicamente decreciente, comenzando con una pieza reciente y concluyendo hacia la década de los sesenta, lo que permitirá comprender precisamente las diversas variantes estructurales arquitectónicamente interpretadas.

El primer caso corresponde al edificio de oficinas Cruz del Sur (Izquierdo Lehmann Arquitectos, 2009). En este se desarrolla una solución arquitectónico-estructural que hace del objeto construido un medio de expresión que da cuenta de la transferencia de las cargas gravitacionales del edificio (Izquierdo, 2012), a través de un trapecio invertido (Figura 1). El edificio es monolítico y está compuesto por un núcleo vertical de muros dobles paralelos (Figura 2), marcos perimetrales que configuran las fachada y losas por cada piso. A su vez, el sistema porticado se despliega de manera exenta a los planos de cerramiento, actuando de manera autónoma y haciendo de la grilla estructural un elemento que define plásticamente el volumen (Izquierdo, 2012). La regularidad de las continuidades de los elementos estructurales exteriores se ve extremada en la planta baja, donde se ha prescindido de todo apoyo perimetral. Así, el núcleo central se constituye en la columna vertebral del cuerpo, en la medida que atraviesa todos los niveles mientras recibe las cargas de los planos inclinados de fachada mediante una red de vigas ramificadas que convergen en nodos estructurales alojados en los muros (Figuras 1, 2 y 3). Además del carácter monolítico, la pieza establece un orden regido por dos sistemas de soporte que, combinados, posibilitan la existencia de plantas libres (solución al requerimiento programático). Las exigencias estructurales en este caso acusan una doble dimensión. Por un lado, soportar las tensiones internas del edificio (masa y peso propios, deformaciones, uniones); y por otro, oponer resistencia a los efectos sísmicos en función de los rangos establecidos en la norma. Difiere este caso del modelo de estructuración chileno no

tanto en la densidad de los muros, sino en su forma de distribución. En efecto, en lugar de asegurar una distribución que cubra buena parte de la planta en cada nivel, se optó por concentrarlos, sin por ello disminuir su estabilidad ni afectar su desempeño sismorresistente, pero obteniendo a cambio una obra singular que reinterpreta la idea matriz del *edificio chileno* sustentado en la prevalencia de paramentos murarios.

Una variante distinta del edificio en altura que avanzó en esta misma línea es la torre Centro Santa María (Alemparte y Barreda Arquitectos), proyectada y construida entre 1978 y 1980. Flanqueada por los faldeos del parque Metropolitano y el río Mapocho, el volumen se resuelve en un prisma vertical de planta cuadrada (25,8 m por lado), puro, regular y sin discontinuidades en sus 30 pisos. Supeditada al esquema estructural de edificio tipo “tubo en tubo” (S. Arias, 1985), la torre estableció una resolución formal fundada en el uso combinado de muros y pilares de hormigón armado en obra, y losetas y viguetas prefabricadas (Monge et al., 1986). Se contemplaron además marcos de acero confinados a la planta baja para evitar «vigas de mucha altura sobre los vanos anchos de los accesos (...) [y cuyos pilares] se apoyan en los muros del primer subterráneo» (Monge et al., 1986, p. 115). La particularidad del caso se resuelve en una variante del tradicional pórtico rígido, la que permitió la caracterización exterior del edificio y la generación de plantas libres. Dicha variante consistió en desaplomar los pilares y las vigas, desplazando estas últimas hacia el interior de modo que, antecedidas por el cerramiento vidriado, resultan invisibles desde el exterior. De este modo, se exhiben al exterior las estrías verticales que conforman la secuencia de pilares (en primer plano) y cerramiento de cristal (en segundo). Esta estrategia arquitectónica y estructural posibilitó acentuar la altura y la pureza geométrica del edificio (Figuras 4 y 5), así como desplazar la interpretación del esquema del *edificio chileno* hacia uno de los problemas arquitectónicos endémicos en el medio local: la esbeltez de la edificación y sus componentes estructurales.

La tercera obra aquí examinada corresponde al edificio corporativo de la Empresa Nacional de Electricidad (ENDESA). Proyectada por Luis Larraguibel, Jorge Aguirre,

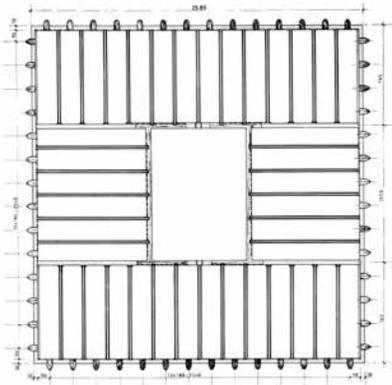


Figura 4: Torre Centro Santa María (Sergio Alemparte, Ernesto Barreda, Manuel Wedeles, Carlos A. Cruz, Jorge Claude, José Manuel Figueroa, Arquitectos, Santiago, 1978). Planta estructura de cielos piso tipo 2° al 5°. Dibujo: Autor desconocido. Fuente: Monge, Moroni y García, *Edificios de hormigón armado*, p. 117.
 Figure 4: Centro Torre Santa María Building (Sergio Alemparte, Ernesto Barreda, Manuel Wedeles, Carlos A. Cruz, Jorge Claude, José Manuel Figueroa, Arquitectos, Santiago, 1978). Typical floor 2nd to 5th level ceiling structure plan. Drawing: Unknown author. Source: Monge, Moroni, and García, *Edificios de hormigón armado*, p. 117.



Figura 5: Torre Centro Santa María (Sergio Alemparte, Ernesto Barreda, Manuel Wedeles, Carlos A. Cruz, Jorge Claude, José Manuel Figueroa, Arquitectos, Santiago, 1978). Torre en proceso de construcción, vista hacia el poniente, c. 1878. Fotografía: Autor desconocido. Fuente: Revista AUCA n.º 34, junio 1978, p. 89.
 Figure 5: Centro Torre Santa María Building (Sergio Alemparte, Ernesto Barreda, Manuel Wedeles, Carlos A. Cruz, Jorge Claude, José Manuel Figueroa, Arquitectos, Santiago, 1978). The tower construction process, view towards the West, c. 1878. Photograph: Unknown author. Source: Revista AUCA N° 34, June 1978, p. 89.

Gastón Etcheverry, Emilio Duhart y Roberto Montealegre (1961-1968) y construida con anterioridad a la oficialización de la norma NCh433 Of.72 (“ENDESA”, 1969), la obra debió ceñirse a los contenidos regulatorios vigentes para entonces, esto es, a la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización de 1949. A pesar de ello, se emplearon criterios de diseño arquitectónico y métodos de cálculo estructural adelantados a la norma oficializada recién en 1972.

El esquema que ordena la torre está conformado por una columna vertical rígida, pórticos rígidos exteriores y vigas y losetas pretensadas de hormigón armado (“ENDESA”, 1969), respondiendo así a un criterio de estructuración «en base a marcos rígidos y muros de rigidez simple o acoplados» (S. Arias, 1985 p. 45). Las particularidades del edificio ENDESA subyacen en «la simpleza que impera en el orden espacial y estructural (...) en la unión de los elementos soportantes, la continuidad de transmisión de cargas verticales o en la rigidez de los pórticos que rodean las fachadas» (Barrientos, 2018, p. 12). A nivel de planta baja (Figura 6), los muros se distribuyen de manera regular en torno al centro geométrico, en una disposición de doble núcleo (“ENDESA”, 1969), mientras el perímetro exterior está marcado por la secuencia de pilares de sección hexagonal (Barrientos, 2016) que trasladan axialmente las cargas superiores hacia el subsuelo (Figura 7). La clave que vincula la sede corporativa de ENDESA con el *edificio chileno* reside (junto con la concentración de muros rígidos) en la disminución progresiva (en sentido ascendente) de las secciones de pilares y vigas (Barrientos, 2018), recogiendo así la continuidad en la base y la reducción de espesores de manera ascendente (Flores, 1993).

EDIFICIO CHILENO. RELECTURA A PARTIR DE LA ARQUITECTURA

El alto nivel de desempeño sísmico de los edificios en altura construidos en hormigón armado en Chile se debe a múltiples factores, entre los que destaca la inclusión de muros de alta densidad, entre otro tipo de soluciones. Aunque no se ha establecido con precisión el inicio de esta práctica en la arquitectura e ingeniería en el país, se

ha ido asimilando paulatinamente como convención, en tanto criterio de estructuración que contribuye de manera importante en la resistencia sísmica. El *edificio chileno* no responde a un modelo o matriz de estructuración única. Más bien responde a construcciones monolíticas sustentadas en el uso de muros perpendiculares entre sí, los que son distribuidos de tal modo en la planta que oponen adecuada resistencia a las solicitaciones sísmicas. Antes que un modelo, es un tipo estructural que ofrece múltiples alternativas combinatorias, si bien siempre confinadas en un campo restringido por la acción sísmica. Materialmente, tales posibilidades son viables a través del hormigón armado como recurso técnico y constructivo caracterizado por su condición “adecuado-resistente”, y con propiedades mecánicas donde «el acero da fibra a la piedra (...) [y] el hormigón da masa al acero» (Torroja, 2010, p. 67).

Que el *edificio chileno* haya surgido de la práctica antes que de las normas no significa, sin embargo, que se aleje por ello de los criterios, métodos y parámetros de diseño en ellas establecidos. Por el contrario, ha servido de complemento contribuyendo —inicialmente de manera indirecta— a la evaluación crítica de daños en edificios identificados con posterioridad a un terremoto significativo.

Desde una perspectiva arquitectónica, en cambio, el *edificio chileno* ha devenido ante todo en una forma de convención morfológicamente flexible, con posibilidades de manejo y expresión materialmente plástica y abierto a combinatorias con sistemas estructurales complementarios y solidarios, en parte tendientes a lograr mayor esbeltez, tanto de los elementos soportantes como del cuerpo edificado. Los casos examinados aquí son reflejo de las alternativas espaciales que surgen a partir de la resistencia relativa que ofrecen los *muros sísmicos* (A. Arias, 1993). Pero, sobre todo, de las ideas arquitectónicas que han logrado desplazar, de la mano del ingenio estructural y al amparo de las normas edificatorias, las fronteras que separan la destrucción de la resistencia sísmica. Así, estas tres obras encarnan aproximaciones teóricas arquitectónicas y estructurales basadas en el *edificio chileno* —del cual forman parte también— y que sugieren un campo de exploración en expansión antes que limitado. 

REFERENCIAS

- ARIAS, A. (1993). Comportamiento de edificios en hormigón armado con muros sísmicos. En R. Flores (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 173-184). Ediciones Pedagógicas Chilenas.
- ARIAS, S. (1985). El hormigón y su comportamiento sísmico. *Revista Ciudad y Arquitectura*, (42), 43-46.
- ARNOLD, C., & REITHERMAN, R. (1982). *Building Configuration and Seismic Design*. Wiley.
- BARRIENTOS, M. (2016). *La arquitectura de los terremotos en Chile (1929-1972)* (Tesis Doctoral, Pontificia Universidad Católica de Chile). Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/21371>
- BARRIENTOS, M. (2018). Terremotos, arquitectura y la Norma Chilena NCh433 Of.72 Cálculo Antisísmico de Edificios (1959-1972). En P. I. Alonso & P. Correa (Eds.), *Anales de Arquitectura 2017-2018* (pp. 8-21). A.R.C.
- BONELLI, P. (1993). Evaluación del comportamiento sísmico de edificios chilenos. En R. Flores (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 233-272). Ediciones Pedagógicas Chilenas.
- CENTRO SISMOLÓGICO NACIONAL. (s.f.). Grandes terremotos en Chile. Sismos Importantes y/o Destructivos (1570 a la fecha). Recuperado de www.csn.uchile.cl/sismologia/grandes-terremotos-en-chile/
- FLORES, R. (1993). Normas y prácticas de la ingeniería sismorresistente en Chile. En R. Flores (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 163-184). Ediciones Pedagógicas Chilenas.
- IZQUIERDO, L. (2012). Edificio Cruz del Sur / Izquierdo Lehmann. Recuperado de Plataforma Arquitectura: www.plataformaarquitectura.cl/cl/733942/edificio-cruz-del-sur-izquierdo-lehmann
- JACOBSEN, I. (1956). Summary of our Present Knowledge of Earthquake Engineering and some Thoughts on Future Research. *Proceedings of the First World Conference on Earthquake Engineering*, 1: 38-1-38-10.
- LAGOS, R., KUPFER, M., LINDENBERG, J., BONELLI, P., SARAGONI, R., GUENDELMAN, T., ... YAÑEZ, F. (2012). Seismic Performance of High-rise Concrete Buildings in Chile. *International Journal of High-Rise Buildings*, 1(3), 181-194.
- "ENDESA" (1969). *AUCA*, (15 junio-julio), 47-62.
- MONGE, J., MORONI, M. O., & GARCÍA, A. (1986). Edificios de hormigón armado. En VV AA, *El sismo del 3 de marzo 1985, Chile* (pp. 111-136). Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- MUSIC, J., & PONCE, M. (2014). Implicancias de las normas NCH433 – Decreto 61 y NCH430 – Decreto 60 en el diseño de muros. *Revista de Ingeniería Innova*, 8, 53-69.
- RIDDELL, R., WOOD, SH., & DE LA LLERA, J. C. (1993). Características estructurales y estadística de daños del inventario de edificios de Viña del Mar durante el sismo de marzo de 1985. En R. Flores (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 205-232). Ediciones Pedagógicas Chilenas.
- ROJO, S. (1969). Arquitectura y sismos. La arquitectura y sus problemas en Chile. *Aisthesis*, (4), 129-132.
- TORROJA, E. (2010). *Razón y ser de los tipos estructurales*. Doce Calles.
- VÁSQUEZ, J., RIDDELL, R., CRUZ, E., & LÜDERS, C. (1993). Comportamiento de edificios altos. En R. Flores (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 185-204). Ediciones Pedagógicas Chilenas.