



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE

N° 17 (2021)

ISSN Versión Impresa: 0717 - 5590

ISSN Versión Electrónica: 0718 - 9362

# ARTE OFICIO 17

CUADERNOS

DISEÑO SISMORRESISTENTE

ESCUELA DE ARQUITECTURA UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

# TEORÍA Y PRÁCTICA EN ARQUITECTURA

DISEÑO SISMORRESISTENTE  
ESCUELA DE ARQUITECTURA - USACH



## ARTEOFICIO

Publicación de la Escuela de Arquitectura, Universidad de Santiago. Indexada en Latindex; ARLA, Asociación de Revistas Latinoamericanas de Arquitectura. <http://arla.ubiobio.cl/index.php>

Arteoficio ha sido distinguida como Serie para la Muestra de Publicaciones de la XXI Bienal de Arquitectura y Urbanismo 2019, Chile y, la edición N°13 calificada como Número Destacado.

## Editor

Dr. Arquitecto Aldo Hidalgo

## Comité Editorial

Mg. Arquitecto Rodrigo Aguilar  
Académico USACH

Arquitecto Roberto Secchi  
Académico Sapienza, Universidad de Roma

Dra. Arq. Alessandra de Cesaris  
Académica Sapienza, Universidad de Roma

Mg. Arquitecto Hernán Barría  
Académico Universidad del Bío Bío

Dr. Arquitecto Pedro Alonso  
Académico Universidad Católica de Chile

Dr. Arquitecto Fidel Meraz  
Académico University of the West of England (UWE Bristol)

Dra. Arq. Rosalba Belibani  
Académica Sapienza, Universidad de Roma

## Traducciones

Mg. Arq. Rodrigo Martín

## Producción Gráfica

Rodrigo Calderón E.

## Imagen de portada:

David Cabrera H.

# S U M A R I O

Editorial	1
Presentación	2
<b>EXPLORACIONES</b>	
¿Sismo-resistencia o sismo-resiliencia? Visiones cruzadas desde la ciudad a las estructuras portantes Ginnia Moroni / Sebastián Laclabère	5
El Ministerio de Hacienda y la emergencia del Edificio Chileno en la década de 1920 Marco Barrientos	12
Modernidad Sísmica David Quezada	19
<b>APLICACIONES</b>	
Análisis de vulnerabilidad sísmica en edificios escolares del plan La Serena Montserrat Panay / Claudia Torres	27
Orientaciones legales para desempeñar la ingeniería estructural Eduardo Santos	40
Concurso CAP 2021 Bloque Lúdico Integral	44
<b>ENTREVISTA</b>	
Ingeniero Tomás Guendelman	49
<b>RESEÑAS</b>	
Atlas de Concursos 2008 - 2018 Pablo Altikes	54
Desde la Ciudad Abril A. Monserrat	55

Los argumentos y opiniones vertidos en los artículos son de exclusiva responsabilidad de los autores y no representan necesariamente el pensamiento de la línea editorial de la revista.

# EDITORIAL

## DISEÑO SISMORRESISTENTE: UNA TAREA COMPARTIDA

De acuerdo con lo que se sabe, la construcción de la cúpula de hierro fundido del Mercado del Grano en París, en 1811, marca el inicio de la colaboración entre arquitectos e ingenieros. Según Sigfried Giedion, esa ocasión fue la primera vez en que las funciones de ambas disciplinas no estuvieron unidas en una sola persona. Desde entonces, la ingeniería no ha dejado de hacer sugerencias al proyecto de arquitectura, especialmente en Chile, en donde el sismo parece ser el “fenómeno fundamental”. Conceptos y técnicas de cómo evitar el diseño de pisos débiles; cuidar efectos de torsión; configurar una nutrida hiperestaticidad; estructurar a base de muros; garantizar la continuidad, la correcta ubicación y distribución de los elementos resistentes; además de pensar en materiales ligeros; son todas recomendaciones que los arquitectos no debemos pasar por alto. El Perfil Bio-Sísmico de Edificios y la idea de Edificio chileno son, también, concepciones ingenieriles que se han perfilado como respuestas locales del diseño sismorresistente frente al evento telúrico. Así como una construcción lugareña se ha erigido en diálogo con la cultura, el clima y el ambiente, estas técnicas no pierden de vista la “Identidad Sísmica” de nuestro territorio.

Este número de ARTEOFICIO quiere mostrar esta relación entre ingeniería y arquitectura expresada en la valiosa contribución publicada en este número el ingeniero Tomás Guendelman, una autoridad en el ámbito de la ingeniería estructural. Del mismo modo, agradecemos a la profesora Claudia Ojeda por reseñar el perfil de los contenidos de esta entrega.

## EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN

According to what we known from history, the construction of the cast iron dome of the grain market in Paris in 1811, states the beginning of the collaboration between architects and engineers. According to Sigfried Giedion, this occasion was the first time that the functions of both disciplines were not merged in one single person. Since then, engineering has not stopped offering suggestions to the architectural project, particularly in countries where the earthquake seems to be the “fundamental phenomenon”, like in Chile. Concepts and techniques on how to avoid the design of weak stories and to take care of the torsion effects. In addition, to configure a large hyperstaticity in structures based on walls, and to guarantee the continuity of the structural elements. Furthermore, the correct location and distribution of the resistant elements, as well to think about light materials. These are all recommendations that architects should not ignore. The bio-seismic profile of buildings and the idea of the “Chilean Building” are also engineering conceptions determined as local responses of earthquake-resistant design against the telluric events. Just as a local construction needs to be built in dialogue with the culture, climate and environment, these techniques do not lose sight of the “Seismic Identity” of our territory.

This issue of ARTEOFICIO wants to contribute presenting this relationship between engineering and architecture expressed in the valuable contribution published in this issue by the engineer Tomás Guendelman, an authority in the field of structural engineering. Likewise, we thank Professor Claudia Ojeda for outlining the profile of the contents of this publication.

Dr. Arq. Aldo Hidalgo H.  
Editor





## HABITAR EN UN PAÍS SÍSMICO

Desde sus orígenes, los seres humanos, como seres racionales que habitan este planeta, han deseado conocer y comprender a la naturaleza, principalmente porque de este conocimiento depende su sobrevivencia, lo que ha motivado e impulsado el conocimiento científico y técnico para transformar el entorno de acuerdo con sus necesidades. Transformaciones que deben adaptarse a un planeta dinámico que se mueve constantemente porque es un planeta que está vivo.

El estudio de los terremotos y su interés por comprenderlos datan de tiempos muy antiguos, existiendo registros en China de hace 3000 años. Inicialmente las diversas culturas le daban una explicación mítica asociada con el castigo o la ira de alguna divinidad. En diferentes tiempos y culturas surgieron teorías para explicar y medir el fenómeno del movimiento de la tierra, así como sus posibles causas naturales. Tales de Mileto, Aristóteles, Galileo Galilei, Alexander Humboldt, entre muchos otros plantearon diferentes teorías científicas, pero es a partir de los estudios sobre ondas sísmicas que realiza Harold Jeffreys (1929) y los aportes de la matemática y sismóloga danesa Inge Lehmann (1937) que, en la década del 60 del siglo XX, se desarrolla la teoría de las placas tectónicas, una teoría unificadora

de conceptos en Ciencia de la Tierra, que permitió comprender fehacientemente la causa de los terremotos al ubicarlos dentro de un contexto tectónico.

Chile forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, en la placa de Nazca, que concentra la mayor actividad telúrica del planeta al interactuar con la placa sudamericana. Para los ingenieros y arquitectos chilenos el gran desafío es lograr que los edificios sean capaces de deformarse sin sufrir deterioro mientras experimentan los distintos movimientos. Mediante la aplicación de técnicas de diseño de su configuración geométrica y la incorporación en su constitución física de componentes estructurales estas estructuras están capacitadas para resistir las fuerzas que se producen durante un sismo lo que, finalmente, se traduce en mayor protección de sus ocupantes al mantener la integridad del edificio.

El número 17 de la revista *Arteoficio* "Diseño Sismorresistente", nos presenta distintas visiones del desafío a que nos enfrentamos, visiones que nos invitan a la reflexión sobre el diálogo entre la ingeniería estructural y la planificación urbana; nos dan una aproximación al concepto de Edificio Chileno, ejemplificado en el edificio del Ministerio de Hacienda, primera obra de arquitectura moderna

en altura de nuestro país; nos retroalimenta a partir de los escasos daños que sufrió la Unidad Vecinal Portales tras el terremoto del 27 de febrero del 2010; nos alerta ante la vulnerabilidad sísmica que presentan edificios educacionales de más de 70 años que actualmente no cumplen con las normas vigentes en Chile; y nos entrega una mirada desde lo jurídico y legal al ejercicio profesional, entre otros.

Finalmente, resulta pertinente recordar la cita de Lucy Jones de su libro "Desastres: cómo las grandes catástrofes moldean nuestra historia", quien declara que "La mejor inversión de una comunidad resiliente consiste en identificar las debilidades del sistema y repararlas antes de que se produzca el fenómeno. Debemos construir y reforzar nuestras estructuras antes, para minimizar el daño, debemos responder con efectividad durante, para salvar vidas, y debemos salir unidos después, para recuperarnos".

Máster. Arq. Claudia Ojeda Álvarez.

## INHABITING A SEISMIC COUNTRY

Since its origins, humans, as rational beings that inhabit this planet, have wanted to know and understand nature. Mainly because their survival depends on this knowledge, which has motivated and promoted scientific and technical understanding to transform the environment according to their needs. Transformations that must dynamically adapt to a planet, which is constantly moving, a planet that is alive.

The study of earthquakes and the interest to understand them date back to very ancient times, as records in China dating back 3,000 years verify. Initially, diverse cultures gave it a mythical explanation for earthquakes related to the punishment or wrath from some cruel divinity. During the different centuries and in different cultures, theories arose to explain and measure the “phenomenon” of the earth shaking, and its possible natural causes. Tales of Miletus, Aristotle, Galileo Galilei, Alexander Humboldt, among many others proposed different scientific theories. However, it is from the studies on seismic waves carried out by Harold Jeffreys (1929) and the contributions of the Danish mathematician and seismologist Inge Lehmann (1937), that in the 60s of the XX century, the tectonic plate theory was developed. This principle presented an unifying theory of concepts in Earth

Science, which allowed to reliably understand the cause of earthquakes by placing them within a tectonic context.

The country of Chile is part of the Pacific Ring of Fire, on the Nazca plate, which concentrates the greatest telluric activity on the planet as it interacts with the South American plate. A great challenge for Chilean engineers and architects is to ensure that buildings are capable of deforming without suffering deterioration while experiencing the different movements created by an earthquake. Through the design techniques of the building geometric configuration and the integration of structural components in its physical constitution, the construction is empowered to withstand the forces produced during a seismic event, which translates in the protection of the lives of its inhabitants and the integrity of the building itself.

Issue 17 of the *Arteoficio* magazine “Seismic Resistant Design” presents us with different visions of the challenge we face, visions that invite us to reflect on the dialogue between structural engineering and urban planning. Offering an approximation to the concept of the “Chilean Building”, exemplified in the building of the Ministry of Finance, the first work of modern high-rise

architecture in our country, and gives us feedback from the little damage suffered by the Portales Housing Unit after the earthquake of February 27, 2010. Then, alerts us about the seismic vulnerability of educational buildings over 70 years old that currently do not comply with current regulations in Chile, and gives us a juridical and legal point of view for the professional practice, among others.

Finally, it is relevant to remember the quote by Lucy Jones from her book “Disasters: how great catastrophes shape our history”, which states that “The best investment of a resilient community is to identify the weaknesses of the system and repair them before they occurrence of the catastrophic event. We must build and reinforce our structures in advance, to minimize the damage. We must respond effectively during the event, to save lives, and we must come out together afterwards, to recover”.

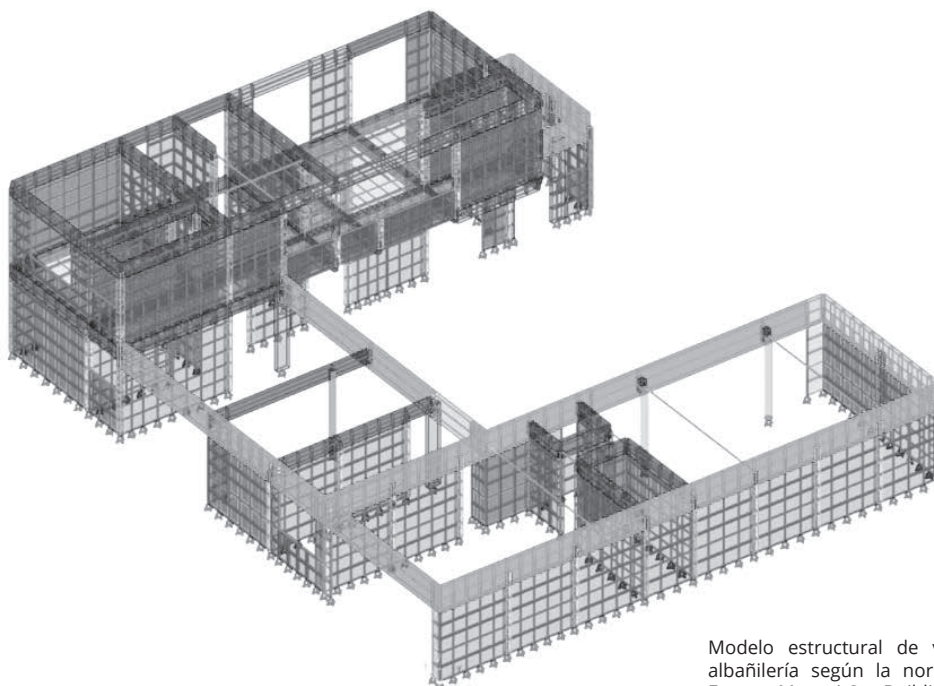
Máster. Arq. Claudia Ojeda Álvarez.



EX EXPLORACIONES

# ¿SISMO-RESISTENCIA O SISMO-RESILIENCIA? Visiones cruzadas desde la ciudad a las estructuras portantes

Earthquake-resistance or earthquake-resilience? Crossed visions from the city to the load-bearing structures



Modelo estructural de vivienda de albañilería según la norma chilena.  
Fuente: Moroni Cea Building Lab.

**MSc. Ginnia Moroni**  
Universidad San Sebastián  
ginnia.moroni@uss.cl  
**Dr. (c) Sebastián Laclabère**  
Universidad Técnica Federico  
Santa María  
maurice.laclabere@usach.cl

## Resumen

En décadas recientes, el concepto de “resiliencia” ha cobrado gran relevancia a nivel global, siendo utilizado en distintos campos del conocimiento como la biología, la psicología, la ingeniería y la planificación urbana, entre otros. Si bien, su definición general es similar en cada caso, la forma de implementación puede variar según la disciplina considerada. El presente artículo busca tomar dos ámbitos distintos, quizás incluso contrapuesto, pero que dialogan de manera constante con la arquitectura, como son la ingeniería estructural y la planificación urbana, y comparar de qué manera se comprende el concepto de “resiliencia” frente a desastres en cada uno de ellos, tratando de establecer cruces, diferencias y similitudes entre ambos, contribuyendo a una comprensión integrada del concepto de resiliencia a través del campo de la arquitectura y las disciplinas que con ella dialogan.

Palabras clave: Gestión de riesgo de desastres; resiliencia urbana; resiliencia sísmica; diseño sísmico.

## Abstract

In recent decades, the concept of “resilience” has gained great relevance at a global level, being used in different fields of knowledge such as biology, psychology, engineering and urban planning, among others. Although its general definition is similar in each case, the form of implementation may vary depending on the discipline considered. This article seeks to take two different fields, perhaps even opposed, but which are in constant dialogue with architecture, such as structural engineering and urban planning, and compare how the concept of “resilience” is understood in the face of disasters in each of them, trying to establish crossings, differences and similarities between both, contributing to an integrated understanding of the concept of resilience through the field of architecture and the disciplines that dialogue with it.

Keywords: Disaster risk management; urban resilience; seismic resilience; seismic design.

Recibido: 15/11/2021  
Aceptado: 24/03/2022



## Introducción

Nos encontramos actualmente, a nivel global, en un contexto crítico, en el que los desastres son cada vez más frecuentes y severos. El aumento exponencial de la población, los procesos de urbanización extendida y el estado de emergencia climática a nivel global han contribuido a generar un panorama altamente complejo, en el que eventos como terremotos, inundaciones, incendios forestales, erupciones volcánicas, aluviones y sequías, entre otros, parecen ser cada vez más recurrentes y afectar más profundamente a nuestras comunidades. Frente a este escenario, la gestión del riesgo de desastres (GRD) se ha establecido como un ámbito crítico e interdisciplinario, que dialoga con diversos campos del conocimiento, incluyendo la arquitectura, la ingeniería y el urbanismo, en busca de establecer más y mejores soluciones para estos fenómenos. Como respuesta a este contexto global, resulta interesante observar cómo algunos conceptos comienzan a tomar cierta relevancia y permear diversas disciplinas que parecieran ser inicialmente inconexas. Un concepto relacionado con este escenario que ha tomado protagonismo en décadas recientes es el de resiliencia, que ha comenzado a tomar relevancia en distintos campos del conocimiento siendo utilizado, por ejemplo, en: psicología, sociología, biología, diversas ramas de la ingeniería, planificación urbana, entre otras.

El presente artículo busca tomar dos ámbitos que dialogan de manera constante con la arquitectura, como son la ingeniería estructural y la planificación urbana, y comparar de qué manera se comprende el concepto de “resiliencia” en cada uno de ellos, tratando de establecer cruces, diferencias y similitudes entre ambos, contribuyendo a una comprensión integrada del concepto de resiliencia a través del campo de la arquitectura y las disciplinas que con ella dialogan.

## El concepto de Resiliencia

Para poder comparar las variaciones y similitudes del concepto de resiliencia en distintos campos, se hace necesario poder comprender de modo general en qué consiste el concepto propiamente tal,

y también su relación con el ámbito de la gestión del riesgo de desastres (GRD). Si bien éste concepto no forma parte de las propuestas conceptuales de la gestión del riesgo, es posible afirmar que una apropiada GRD resulta en sistemas más resilientes (Protocolo de Sendai, 2015), es decir, una es consecuencia de la otra. Más específicamente podemos establecer ciertas relaciones cruzadas entre los conceptos de resiliencia y vulnerabilidad, pudiendo afirmar entonces que una menor exposición a amenazas, una reducida susceptibilidad de ser afectado y una capacidad de respuesta mejorada pueden resultar en sistemas menos vulnerables y complementariamente en sistemas más resilientes.

Como se ha mencionado previamente, el concepto de resiliencia es complejo y posee múltiples definiciones (Alexander, 2013), dependiendo del área del conocimiento donde se esté utilizando. Para efectos de este artículo, se enfocará la resiliencia dentro de los campos de la planificación y el diseño urbanos, además de la ingeniería, entendiéndose ésta como una propiedad o cualidad

de los sistemas, tanto estructurales como urbanos, que pudiese contribuir a una mejor capacidad de respuesta frente a los requerimientos de eventos de desastre de tipo diverso, incluyendo desastres sísmicos.

Uno de los primeros usos académicos del concepto de resiliencia se da a partir de mediados del siglo XIX en el campo de la ingeniería mecánica (Alexander, 2013), definiéndose como la capacidad de un sistema de resistir las perturbaciones de la manera más inmutable posible y busca asegurar un retorno a la posición de equilibrio en el menor tiempo posible (Holling, 1996). Esta visión, asentada firmemente en una tradición determinista de comprensión de la naturaleza, busca construir sistemas “a prueba de fallas” con el objeto de mantener de forma constante el equilibrio del mismo (Ahern, 2011). En las últimas décadas ha emergido una nueva concepción de resiliencia a partir de una perspectiva ecológica, que postula que la resiliencia está asociada con la interrelación de los componentes y fuerzas de un sistema; y cómo éste puede cambiar y adaptarse manteniendo



Figura 1. Diagrama de resiliencia desde una perspectiva de la resistencia, el sistema evita la perturbación. Fuente: Elaboración propia.



Figura 2. Diagrama de resiliencia desde una perspectiva ecológica, el sistema reacciona y se adapta al estímulo. Fuente: Elaboración propia.



su funcionalidad y estructura, al mismo tiempo que se reorganiza, incrementando su capacidad de aprender y adaptarse. Se apunta así al desarrollo de sistemas flexibles, inciertos y variables, que no buscan ya ser “a prueba de fallas”, sino por el contrario, tener la capacidad de reaccionar y adaptarse a las eventuales fallas del sistema mismo. Esta perspectiva ecológica de la resiliencia postula que en la naturaleza, es quizás un error intentar constantemente evitar los “shock”, en tanto un sistema excesivamente estable deja que el riesgo se acumule en exceso mientras que la flexibilidad del sistema, por otra parte, puede ayudar a mantenerlo más controlado (Bryant & Allan, 2013).

### Resiliencia Urbana

Desde la perspectiva de la ciudad, sus dinámicas y componentes, es necesario preguntarse entonces, qué modelo de resiliencia es más apropiado para la comprensión de los sistemas urbanos, en base a sus complejidades, variaciones

e interrelaciones. En primera instancia podría parecer que, es la resiliencia desde la ingeniería la que prima en el ámbito urbano, buscando diseñar sistemas, edificaciones e infraestructuras a prueba de fallas y capaces de retomar sus funciones rápidamente tras un desastre, facilitando así los procesos de recuperación. Sin embargo, las relaciones internas y externas de la ciudad resultan de sus procesos no lineales, al mismo tiempo que las diversas escalas y componentes de la ciudad (el sitio, la calle, la manzana, el barrio, etc.) y sus interconexiones nos hablan de una morfología que se asemeja fuertemente a un sistema ecológico (Figura 3) y que comparte muchas de sus características y propiedades (Bryant & Allan, 2013; Ahern, 2013). A partir de esto, es posible afirmar que una concepción ecológica y orgánica de la resiliencia puede ajustarse de mejor manera a las variables y complejidades inherentes a un sistema urbano, entendiendo esta complejidad a partir de la superposición de actividades,

sistemas, redes, usuarios, morfología, entre otras variables.

A partir de estos puntos de cruce entre sistemas ecológicos y urbanos, es posible preguntarse ¿cómo podemos entender y caracterizar la resiliencia cuando hablamos de sistemas urbanos? frente a esta pregunta es posible distinguir algunas características espaciales, que permiten la configuración de sistemas urbanos más resilientes, algunas de estas características son: multifuncionalidad, robustez, estabilidad, redundancia, modularidad, diversidad (biológica y social), redes multiescalares, conectividad, adaptabilidad (Ahern, 2013; Irajifar et al., 2016; Sharifi & Yamagata, 2016; Tyler & Moench, 2012). Estas características urbanas resilientes pueden explicarse brevemente de la siguiente manera:

La multifuncionalidad puede comprenderse como la capacidad de desempeñar diversas funciones de manera paralela, secuenciada o superpuesta, con un alto grado de eficiencia en el

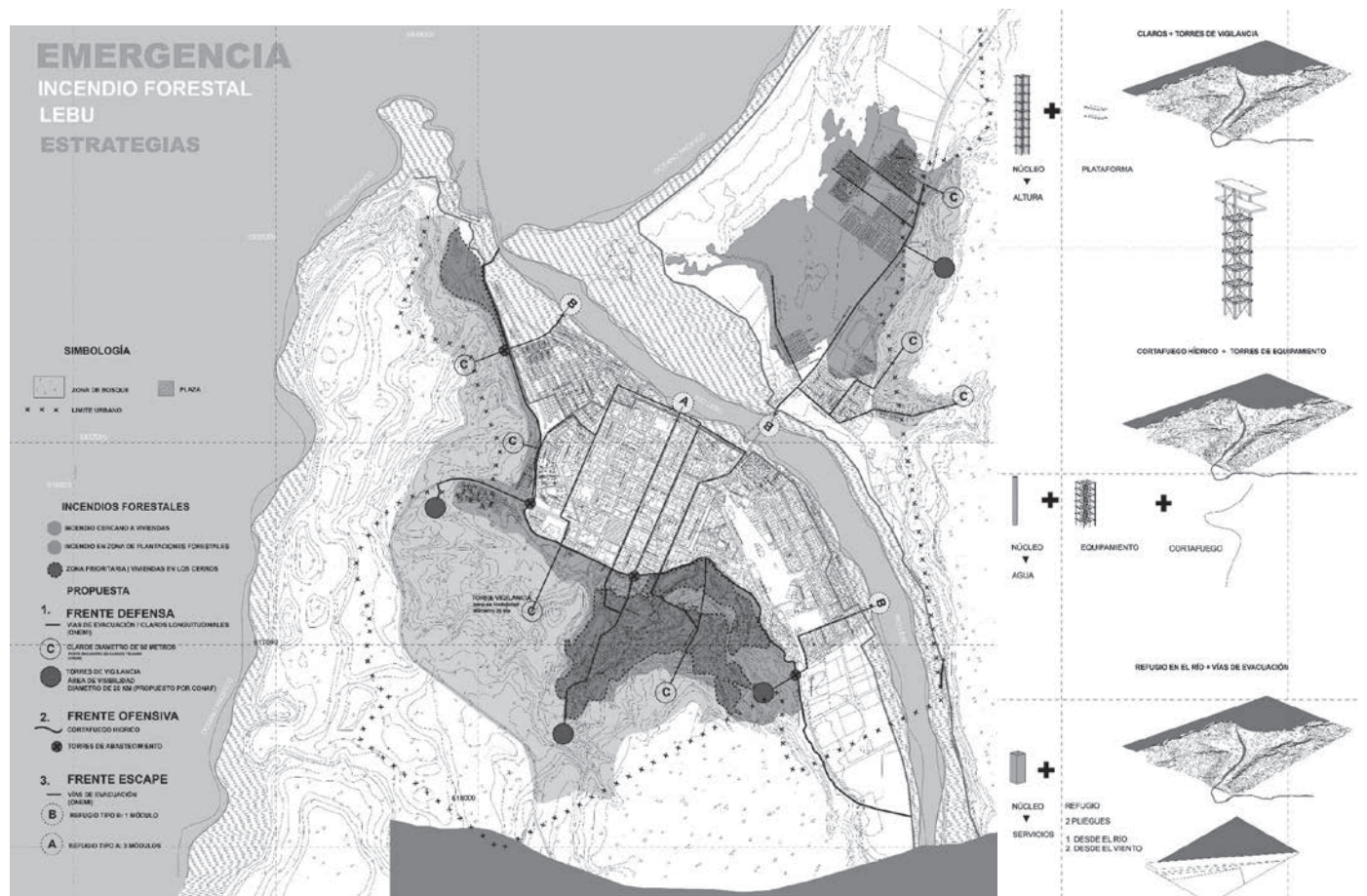


Figura 3. Propuesta de sistema urbano integrado y resiliente ante incendios forestales, Lebu. Fuente: Camila Zamorano.

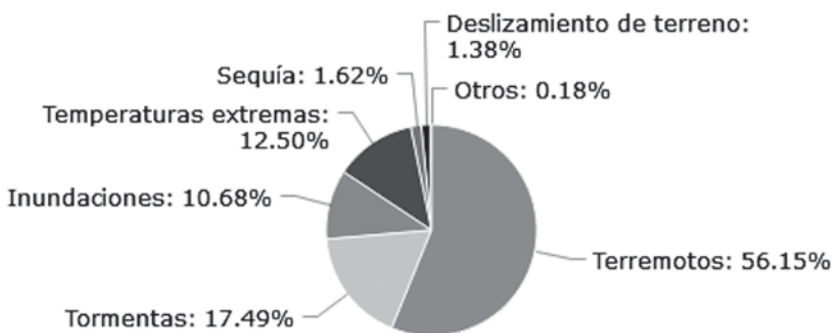


Figura 4. Muertes según desastre natural a nivel mundial, entre 1998 y 2017. Fuente: elaboración propia en base a datos UNISDR, 2017.

uso de recursos. La multifuncionalidad es de gran relevancia en tanto permite generar respuestas diversas y flexibles frente a un requerimiento dado. Está vinculado con las etapas de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016; Tyler & Moench, 2012).

La robustez y estabilidad, que se relacionan con la capacidad de un sistema de resistir físicamente los impactos que buscan alterarlo, están normalmente relacionadas con una resiliencia material y por lo tanto vinculadas muchas veces a obras de infraestructura e ingeniería. Además, con la etapa de mitigación del ciclo de la GRD. (Sharifi & Yamagata, 2016; Irajifar *et al.*, 2016).

La redundancia y modularidad están relacionadas con sistemas que poseen repetición de elementos que pueden realizar las mismas operaciones, de manera de funcionar como seguro en caso de falla, evitando la aparición de puntos críticos o cuellos de botella. Y, también, con la etapa de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016; Bryant & Allen, 2013; Irajifar *et al.*, 2016).

La diversidad, que puede ser social, económica, ecológica, entre muchas otras posibilidades, nos habla de la riqueza de distintas posibilidades y actores que intervienen en un sistema. Esta variedad de actores permiten al sistema reaccionar de distinta manera frente a distintos requerimientos, sin dejar de funcionar. En el plano urbano puede estar relacionado

con usos de suelo, tipos de actividades, composición socioeconómica y racial, entre otros. Y está vinculado con las etapas de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016; Bryant & Allen, 2013; Irajifar *et al.*, 2016).

Por otra parte, las redes multiescalares y la conectividad son características que permiten a un sistema urbano mantenerse conectado, en movimiento y funcionando. El factor escala es relevante en este punto, pues permite generar conexiones entre escalas o tipos diversos de conexiones, por ejemplos conexiones modales en términos de transportes, etc. Está vinculado con las etapas de respuesta y recuperación del ciclo de la GRD (Ahern, 2011; Sharifi & Yamagata, 2016).

Por último, la adaptabilidad se refiere a sistemas que tienen la capacidad de cambiar a lo largo del tiempo, ajustándose a las demandas del entorno. Esta característica se relaciona con la posibilidad de desarrollar experiencias piloto, con una perspectiva de "aprender haciendo", que permita posteriores adaptaciones al sistema según la información recogida empíricamente en terreno. Está vinculado con la etapa de recuperación del ciclo de la GRD (Bryant & Allen, 2013; Irajifar *et al.*, 2016).

Dados los procesos de urbanización a nivel global y los desafíos para la planificación y diseño urbano que estos presentan, sumado a las complejidades de las interacciones entre los ámbitos

urbano-rural y el consiguiente aumento del riesgo de desastres en nuestras ciudades, la resiliencia se presenta entonces como una propiedad necesaria, casi vital, para el desarrollo de asentamientos urbanos sustentables y con capacidad de responder a las demandas del contexto en que se sitúan y los posibles eventos que en este ocurran.

### Resiliencia estructural

Por otra parte, en ingeniería estructural, se define resiliencia como la capacidad de volver a utilizar una edificación o estructura, en el menor tiempo posible, luego de algún evento catastrófico. Para esto, es necesario que el diseño estructural considere los potenciales riesgos a los que estará sometida la estructura y establezca estrategias que disminuyan los daños al mínimo, en caso que ocurran. Esto, también, implica que se minimicen los costos y plazos de reparación. Este objetivo se diferencia de las normas y códigos de diseño tradicionales, que apuntan, principalmente, a los requisitos mínimos de seguridad (Gebelein *et al.*, 2017).

Uno de los principales riesgos para una edificación son los sismos, que causan la mayor cantidad de muertes por desastres naturales y la segunda mayor cantidad de pérdidas materiales a nivel mundial (Figuras 4 y 5). En el contexto chileno, el sismo ocupa el primer lugar para ambas categorías (Idom, 2017; UNISDR, 2017). Es por esto que uno de los principales temas de estudio en el área de la ingeniería en nuestro país

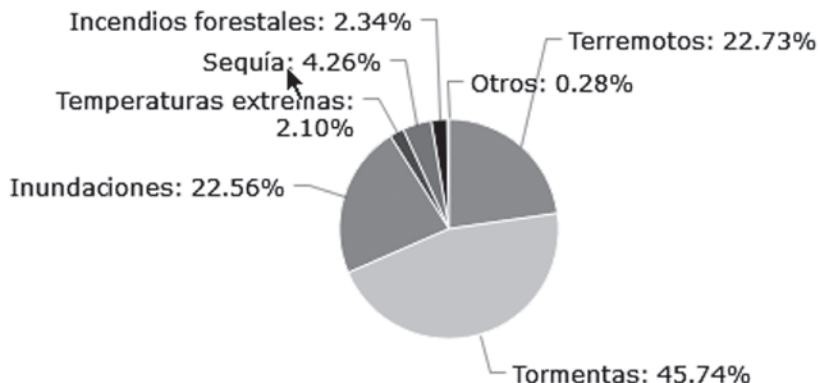


Figura 5. Pérdidas materiales según desastre natural a nivel mundial, entre 1998 y 2017. Fuente: elaboración propia en base a datos UNISDR, 2017.

es la acción sísmica, cuya norma, NCH 433, ha ido evolucionando frente a cada evento sísmico importante. El objetivo primordial de la norma sísmica es preservar la vida humana, sin embargo, la tendencia apunta a que esto ya no es suficiente y las últimas especificaciones comienzan a considerar, también, la limitación de los daños en la edificación.

El análisis sísmico es mucho más complejo que la mayoría de los análisis estructurales, puesto que el primero es dinámico, no lineal y aleatorio, mientras que los otros son estáticos, lineales y determinados. En los inicios del diseño sísmico, se realizaba un análisis estático, tomando un porcentaje del peso del edificio como carga horizontal, que representaba las cargas sísmicas. Una vez que se implementó el uso de computadores, que permitían el desarrollo de cálculos mucho más complejos, se comenzaron a realizar análisis dinámicos y no lineales. Los códigos y normas de edificación de diversos países incluyen en el análisis sísmico, tanto su equivalente estático, que se puede usar en ciertas ocasiones, como los métodos dinámicos, que cada vez son más detallados. En general, se busca tener un equilibrio entre la precisión de los resultados y la complejidad del análisis, según el tipo de edificación analizada. No obstante, el diseño sísmico sigue siendo una predicción estadística que mantiene una alta incertidumbre, en comparación con otros análisis estructurales, que se suple con coeficientes de seguridad, los que también están presentes en el análisis sísmico. Esto

lleva a sobredimensionar, en mayor o menor medida, los elementos estructurales para asegurar su desempeño en servicio (CEN, 2017; Fajfar, 2018; INN, 2009; ICC, 2018; Stepinac *et al.*, 2020).

Por otro lado, cada vez las normas sísmicas se vuelven más estrictas, buscando disminuir el daño en las estructuras para garantizar la continuidad de operación de las edificaciones. Las últimas especificaciones de la norma chilena de diseño sísmico, realizadas luego del terremoto de 2010, apuntan a esto, buscando estructuras más rígidas. Esto resulta en elementos más robustos y una mayor cantidad de ejes resistentes, aumentando la densidad de muros. Es decir, resulta en estructuras de mayor peso y que requieren una mayor cantidad de material (Music y Ponce, 2014; Lagos *et al.*, 2021). Estas modificaciones no son arbitrarias, sino que responden a las actuales necesidades de los edificios. La continuidad de funcionamiento de un edificio es cada vez más indispensable, no sólo para edificaciones esenciales, sino para todo tipo de usos. Además, las personas son más conscientes de las repercusiones del daño a las edificaciones y exigen los resguardos necesarios, sobre todo cuando estas representan inversiones importantes.

Para lograr estos objetivos de resiliencia, la principal estrategia es reducir los posibles daños mediante la robustez de la estructura, dándole mayor rigidez y resistencia frente a las cargas sísmicas. Esto se traduce en elementos estructurales de mayor sección, mayor cantidad de

arriostramientos, entre otros. Tal como lo indican las nuevas especificaciones a la norma sísmica chilena, se requieren de estructuras más masivas (Fajfar, 2018; Stepinac *et al.*, 2020). Otras alternativas para lograr la resiliencia vienen de la mano de las nuevas tecnologías.

Dentro de los avances tecnológicos del diseño sísmico, están los métodos de disipación, como los aisladores y los disipadores sísmicos. Estos dispositivos permiten a la estructura “amortiguar” las cargas sísmicas, sin necesidad de aumentar las secciones o la cantidad de elementos estructurales (Figura 6). En otras palabras, permite trabajar con estructuras más livianas, manteniendo los resguardos exigidos por las normas. Este tipo de técnicas requiere de un importante despliegue técnico e impone algunas condiciones para el diseño arquitectónico y el proceso constructivo. Sin embargo, ha comprobado ser una de las formas más efectivas de minimizar los daños de una estructura, facilitando su continuidad de operación y limitando las pérdidas económicas (Kamrava, 2015; Zellat & Kadri, 2015; Chapple, 2020).

Finalmente, en términos de ingeniería estructural y diseño sísmico, la resiliencia ha significado una búsqueda de mayor rigidez que, a su vez, ha exigido requisitos técnicos para el diseño de edificaciones. Por un lado, ha implicado estructuras más masivas, que requieren de secciones más importantes y, por ende, de mayor cantidad de material para su ejecución. Esto tiene un impacto directo en otros aspectos, como la huella de carbono



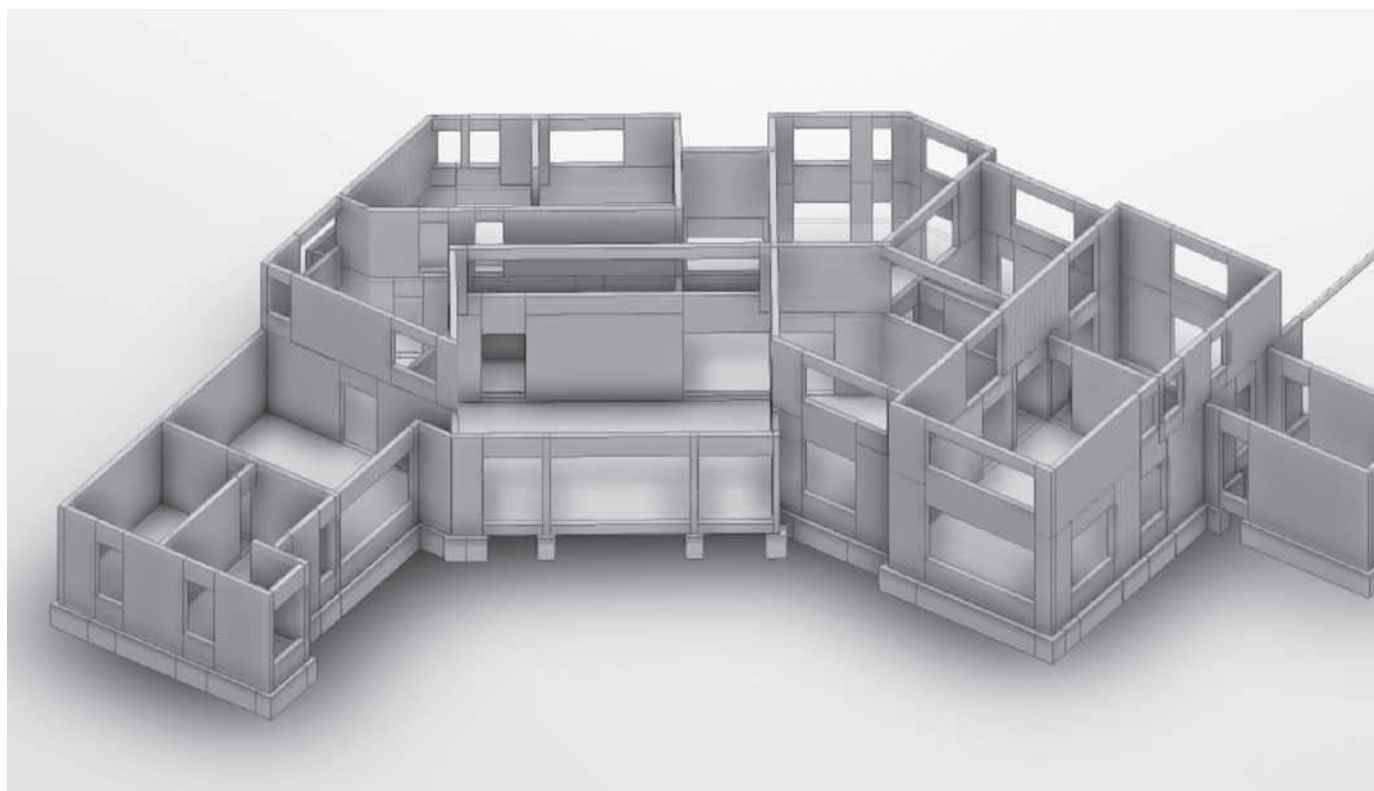


Figura 6. Modelo de estructura en hormigón armado, incorporando las últimas especificaciones de la NCh 433. Fuente: Imagen de archivo personal.

asociada a la estructura y los costos de ésta. Por otro lado, ha ampliado la aplicación de nuevas técnicas, como son los aisladores y disipadores sísmicos. Este tipo de dispositivos impone una serie de condiciones al proyecto e implica un mayor costo inicial. Sin embargo, cualquiera de estas metodologías se traducen en un mejor desempeño sísmico y menores pérdidas, tanto humanas como materiales.

### Conclusión

A partir de ciertas visiones desde la ecología, podemos afirmar que la resiliencia se refiere al desarrollo de sistemas flexibles, capaces de adaptarse frente a los eventos críticos que puedan afectar su funcionamiento. En cierta forma, esto se contrapone a un sistema “a prueba de fallas”, cuya robustez logre impedir cualquier tipo de fractura o daño, es decir un sistema basado en la idea de resistencia. Sin embargo, podemos ver que un equilibrio entre ambas visiones es

clave para enfrentar un amplio espectro de desastres.

Históricamente uno de los principales focos de la ingeniería estructural en Chile ha sido el diseño sísmico, dónde constantemente se buscan nuevas soluciones para proteger a los edificios e infraestructuras de nuestras ciudades. El objetivo siempre es resguardar la vida humana, pero el resguardo de las edificaciones y su contenido se hace cada vez más relevante. Es por esto que se requiere de estructuras que puedan minimizar los posibles daños que pueda provocar la acción sísmica. Por otra parte, a escala macro, desde la perspectiva del diseño y la planificación urbana, dada la situación global y el incremento en la incidencia de eventos de desastre, se hace prioritario incorporar estrategias y criterios de resiliencia urbana, que nos permitan el desarrollo de ciudades más flexibles, adaptables y con capacidad de reacción antes los embates de estos eventos destructivos.

Aunque pareciera que desde la ingeniería la tendencia es a ir hacia estructuras más robustas, que entreguen mayor rigidez a la hora de un sismo, esto es sólo una de las posibilidades de la norma, ya que las nuevas tecnologías apuntan a una mayor resiliencia y flexibilidad. Así, los dispositivos de aislación sísmica son cada vez más usados, tanto en proyectos nuevos como edificaciones existentes que buscan mejorar su desempeño frente a este fenómeno.

Desde nuestra perspectiva, ya no basta solamente con desarrollar edificios que logren responder de buena manera a una catástrofe, sino que necesitamos avanzar hacia tejidos urbanos que incorporen también estas capacidades resilientes, de manera de lograr una aproximación multiescalar a la gestión del riesgo, desde el edificio, al espacio público y la ciudad en su conjunto. Esta aproximación interconectada y multiescalar, asimilable a los sistemas ecológicos, nos permitirán dar una

mejor y más integral respuesta ante los requerimientos de desastres, sísmicos y otros, que continuarán asediando, de manera progresiva, nuestras ciudades en el futuro.

### Referencias Bibliográficas

- Ahern, J.** (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- Alexander, D. E.** (2013). Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 13(11), 2707–2716. <https://doi.org/10.5194/nhess-13-2707-2013>
- Allan, P. et al.,** (2013). The Influence of Urban Morphology on the Resilience of Cities Following an Earthquake. *Journal of Urban Design*, 18(2), 242–262. <https://doi.org/10.1080/13574809.2013.772881>
- Chapple, P.** (2020). Obras con protección sísmica: continuidad operativa. Corporación de Desarrollo Tecnológico.
- Charleson, A. y Guisasaola, A.** (2017). Seismic Isolation for architects. Routledge.
- Comité Européen de Normalisation (CEN).** (2017). Seismic Design of Buildings to Eurocode 8. In *Seismic Design of Buildings to Eurocode 8*. <https://doi.org/10.4324/9780203888940>
- Fajfar, P.** (2018). Analysis in seismic provisions for buildings: Past, present and future. In *Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering* (Vol. 46). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-75741-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-75741-4_1)
- Gebelein, J. et al.,** (2017). Considerations for a Framework of Resilient Structural Design for Earthquakes. 2017 Seaoc Convention Proceedings.
- Holling, C.S.** (1996) Engineering Resilience versus Ecological Resilience. En: Schulze, P.E., Ed., *Engineering within Ecological Constraints*, National Academy Press, Washington DC, 31-43.
- IDOM Ingeniería y Consultoría S.A.** (2017). Consultoría sobre dimensionamiento del mercado de desastres naturales: Impacto y tamaño en Chile y el Mundo - Informe Final. <https://www.cnid.cl/wp-content/uploads/2018/04/Dimensionamiento-mercado-de-desastres-naturales-idom-2017.pdf>
- Instituto Nacional de Normalización (INN).** (2009). Diseño sísmico de edificios. <https://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch433#page/6>
- International Code Council (ICC).** (2018). 2018 International Building Code Illustrated Handbook. In International Code Council.
- Irajifar, L., Sipe, N., & Alizadeh, T.** (2016). The impact of urban form on disaster resiliency. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 7(3), 259–275. <https://doi.org/10.1108/ijdrbe-10-2014-0074>
- Kamrava, A.** (2015). Seismic Isolators and their Types. *Current World Environment*, 10(Special-Issue1). <https://doi.org/10.12944/cwe.10.special-issue1.05>
- Lagos, R. et al.,** (2021). The quest for resilience: The Chilean practice of seismic design for reinforced concrete buildings. *Earthquake Spectra*, 37(1). <https://doi.org/10.1177/8755293020970978>
- Music, J., & Ponce, M.** (2014). Implicancia de Normas NCh 433 – decreto 61 y NCh 430 – decreto 60 en el diseño de muros, en edificios de hormigón armado. *Revista de Ingeniería Innova*, 8(January 2014).
- Sharifi, A., & Yamagata, Y.** (2016). Urban Resilience Assessment: Multiple Dimensions, Criteria, and Indicators. En Y. Yamagata & H. Maruyama (Eds.), *Urban Resilience* (pp. 259–276). Springer Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39812-9\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39812-9_13)
- Stepinac, M. et al.,** (2020). Seismic design of timber buildings: Highlighted challenges and future trends. In *Applied Sciences* (Switzerland) (Vol. 10, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/app10041380>
- Tyler, S., & Moench, M.** (2012). A Framework for Urban Climate Resilience. *Climate and Development*, 4, 311–326.
- UNISDR, & CRED.** (2017). Economic Losses, Poverty and Disasters 1998–2017. In United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNISDR) - Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (Issue 3).
- Zellat, K., & Kadri, T.** (2015). Influence of seismic isolation system on bridge responses. *Revista Ingeniería de Construcción*, 30(3). <https://doi.org/10.4067/S0718-50732015000300006>

# Resistencia sísmica y el surgimiento del Edificio Chileno en la década de 1920

Seismic resistance and the emergence of the Chilean Building in the 1920s



Fotografía actual del Ministerio de Hacienda. Fuente: Archivo **ao**.

**Marco Barrientos**  
Pontificia Universidad  
Católica de Chile  
mbarriem@uc.cl

## Resumen

El trabajo establece una aproximación al concepto de *Edificio Chileno* a partir del reconocimiento de sus alcances en el campo teórico y práctico de la ingeniería y cálculo estructural en Chile, su relación con la disciplina y práctica de la arquitectura y el fenómeno sísmico. Se plantea como hipótesis, que el Ministerio de Hacienda -ubicado en Santiago y construido entre 1929 y 1933-constituye la primera obra de arquitectura moderna en altura en el país que de manera temprana anticipó parte importantes de los preceptos del *Edificio Chileno*, conjugando demandas arquitectónicas, estructurales y de resistencia sísmica. El trabajo examina la estrategia de diseño de sus plantas libres desplegadas en todos los niveles de la obra, en función de los principios de estructuración basados en resistencia sísmica por rigidez, monolitismo y prevalencia de muros de corte.

Palabras clave: Edificio Chileno; Ministerio de Hacienda; resistencia sísmica; hormigón armado.

## Abstract

The paper aims to analyze the Chilean Building as a concept and practice in the structural engineering field in Chile, its relationship with the architectural discipline and its practice, and the seismic phenomena. The hypothesis suggests that the Ministry of Treasury building, located in Santiago de Chile and built between 1929 and 1933, represents an earlier and advanced exponent of the Chilean Building as it crystallized some of its main issues with architectural, structural and seismic resistant requirements. The opened-plan architectural design criterion is examined under the structural seismic-resistant principles based on rigidity, monolithic and shear walls' huge presence on each story.

Keywords: Chilean Building, Treasury Ministry, seismic resistant performance, reinforced concrete.

Recibido: 19/04/2022  
Aceptado: 10/06/2022



## Irrupción del Edificio Chileno. Indicios históricos y conceptuales

El *Edificio Chileno* es un concepto con raíces en la rama de ingeniería estructural, que alude fundamentalmente a la eficiente capacidad de respuesta ante exigentes solicitaciones sísmicas. No es claro cuándo surge como noción y práctica. Sin embargo, Flores (1993) esboza sus inicios en torno a la década de 1940, asociado a la construcción de edificios en altura de hormigón armado conformados por muros rígidos<sup>1</sup>. En un trabajo reciente, Barrientos (2020) recoge un conjunto de alusiones parciales y dispersas planteadas por algunos ingenieros nacionales (Arias, 1993; Bonelli, 1993; Riddell *et al.*, 1993; Flores, 1993; Monge, Moroni, García, 1986). En términos generales, corresponde a edificios en altura, estructurados en base a muros de corte y rígidos y monolíticos, en que sus partes soportantes actúan como sistema. Se caracteriza además por la alta presencia de muros en todas sus plantas -incluidas las de subsuelo y primer nivel-, ortogonalmente dispuestos y perpendiculares entre sí. Si bien propende como principio la disposición simétrica de los muros, los hay también con disposición asimétrica y distribuidos de manera tal, que logren oponer resistencia suficiente ante tensiones y deformaciones como esfuerzos de corte o rotación en planta. Adicionalmente, prioriza la transmisión axial, continua y alineada de las cargas gravitacionales, desde el piso superior del edificio hasta sus fundaciones a través de elementos portantes "con espesores y armaduras decrecientes según su altura." (Flores, 1993, p. 169). Por tanto, se trata de un criterio de estructuración que no remite a una única solución morfológica ni a un modelo estructural inamovible, sino más bien a una estrategia de diseño que se apoya en el muro -y su derivado, como el machón- en tanto elemento fundamental de soporte. Pero, junto con su consideración teórica, se entiende también como "una práctica que se ha ido asimilando de manera paulatina en el medio (...) local" y cuyos "criterios de estructuración (...) han sido validados y aceptados por la práctica y la experiencia sísmica." (Barrientos, 2020, p. 47). Reconociendo la componente empírica que cruza el desarrollo de los avances en ingeniería estructural, y a partir de

la asimilación de los altos estándares alcanzados de resistencia sísmica en la edificación en Chile, se ha avanzado hacia vías que permiten cuantificar y caracterizar los niveles de resistencia sísmica en terremotos anteriores al de 1985 (Hench, 2007), para lo cual se diseñó el Perfil Bío-Sísmico (1997). Se trata de un método que permite evaluar el comportamiento y capacidad de edificios monolíticos y en altura (30 pisos) (Hench, 2007), mediante la evaluación de Indicadores (...) con el fin de detectar deficiencias de la estructura resistente, definir correcciones (...) [y eventualmente] recomendar estudios complementarios de mayor rigor analítico (Guendelman *et al.*, 2010).

Los trabajos que han examinado el *Edificio Chileno* desde una mirada estructural, han contribuido a la definición de conceptos y criterios clave, caracterización de sus principales rasgos y sus proyecciones en el medio especializado. En el ámbito de la arquitectura, en tanto, los -aún escasos- estudios locales han abordado el tópico con apertura hacia la diversidad de problemáticas que de éste nacen: diseño, programa, espacialidad, flexibilidad, expresión plástica, forma y configuración geométrica. De suerte que ambas aproximaciones -estructural y arquitectónica- han corrido por sendas más bien distantes entre sí, aun cuando se desenvuelven en un campo común. Esta situación se explica, en parte, por la complejidad propia del problema sísmico y los requerimientos que exige, a menudo percibidos como "obstáculo para el proceso de diseño, considerándolos restrictivos y difíciles de integrar con otros aspectos que caracterizan un proyecto de arquitectura." (Moroni *et al.*, 2018:1). Visto de modo inverso, bien podría ser una instancia que permita potenciar tales desafíos como parte del proceso de diseño arquitectónico y estructural, donde los fundamentos y "criterios sismorresistentes [sean integrados en el proyecto] arquitectónico, no como una serie de reglas, sino como una herramienta de diseño" (Moroni, 2014:74).

En este sentido, la eficiencia sismorresistente con que se ha ponderado el llamado Edificio Chileno, antes que un freno al proyecto arquitectónico abre precisamente una serie de posibilidades

en la medida que ofrece grados de flexibilidad capaces de arribar al desarrollo de proyectos programática y espacialmente complejos en que la estructura forma parte de la expresión plástica de la obra (Barrientos, 2020). Más aún, una revisión crítica permitiría reevaluar y replantear conceptos contemporáneos como flexibilidad y transparencia (Moroni, 2014), tanto a nivel de programa y soluciones espaciales, como en la forma de tratamiento de fachadas, donde ésta puede adquirir un rol estructural en base a sistemas de arriostamiento, que no obstante actúan a modo de muros rígidos (García, 2020). Esta integración disciplinar mediada por el problema sísmico en el país, puede ser conducida a través de la forma y configuración -arquitectónica y estructural- donde la geometría ofrece un medio de interacción común y vinculante (Moroni *et al.*, 2018).

De hecho, las soluciones estructurales y espaciales que ofrece el *Edificio Chileno* son múltiples, heterogéneas y versátiles. Los rasgos se complementan también con algunas características más bien formales y no excluyentes, tales como volumetrías que tienden a la robustez y en ocasiones compuestas por elementos de escasa esbeltez; luces entre apoyos y voladizos de acotada extensión; y en ocasiones con empleo de "machones" estructurantes (esto es muro de reducida sección) que contribuyen a la rigidez del plano de manera análoga al muro de corte.

Reconociendo entonces parte de las principales características que distinguen al *Edificio Chileno*, por un lado, y la situación cronológica aproximada de sus inicios, por otro, el trabajo propone como hipótesis, que la obra arquitectónica que inauguró tempranamente parte de sus fundamentos estructurales y arquitectónicos en Chile fue el edificio del Ministerio de Hacienda, proyectado por los arquitectos Smith Miller & Smith Solar, y construido entre 1929 y 1933. En él se plasmaron de manera adelantada parte importante de los preceptos que distinguen al *Edificio Chileno*. Entre otros, la altura, estructuración monolítica, transmisión de cargas gravitacionales continuas, articulación del espacio con sistemas combinados de muros, pórticos y diafragmas, y la inclusión del principio de reducción progresiva de masa de los

elementos portantes en sentido ascendente. Se trata, por tanto, de la primera obra que cristalizó buena parte de los fundamentos que lo caracterizan.

### El Ministerio de Hacienda en Santiago de Chile, la planta libre y la resistencia sísmica en altura

En una revista internacional publicada en torno a la década de 1920 o 1930 (Eliash, Moreno, 1989), se difundía el boom de la -aún incipiente- construcción en altura en el país ilustrado con una perspectiva del proyecto del Ministerio de Hacienda (Figura 1). Estos primeros "rascacielos" se comenzaron a levantar a finales de la década de 1920, principalmente en torno al actual Barrio Cívico. Forman parte también de este elenco, entre otros, el ex Diario La Nación, de nueve pisos (Pérez de Arce, 2011) y proyectado por el arquitecto Roberto Barceló (Masuero, 2002); la Compañía Sudamericana, de diez pisos; la Caja de Empleados Públicos, de siete pisos (Pérez de Arce, 2011) y el ex Hotel Carrera, proyectado de manera conjunta con Hacienda (de trece pisos y más tarde ampliado a catorce) con alturas y volumetrías similares (Figura 2).

Aunque el Ministerio de Hacienda fue cronológicamente antecedido por la construcción de la sede del Banco Central o el ex Diario La Nación (1928-30), (Masuero, 2002; Gurovich, 2003), se distingue de todos ellos por haber desarrollado un programa de oficinas en altura y planta libre, con lo cual colocó a sus autores "a la cabeza de la innovación, como arquitecto del edificio más alto de Chile y (...) el más moderno" (Pérez de Arce, 2011:195). Pero también por su concepción como unidad monolítica diseñada bajo reglas elementales del cálculo estructural lo que, para el período, supuso un adelanto cualitativo y no exento de riesgo considerando las demandas sísmicas del país. Hacienda representa así una obra moderna inaugural y de avanzada que aplicó tempranamente parte de los principios fundamentales de resistencia sísmica y que sólo en décadas recientes decantaron en el *Edificio Chileno*. De hecho, el proyecto y su construcción precedieron también la puesta en marcha oficial de la Ordenanza General de Construcciones y Urbanización, recién en 1936. Así, a pocos meses de su conclusión en 1933, la presencia de un nuevo tipo edificatorio en el perfil urbano de



Figura 1. Perspectiva del proyecto del Ministerio de Hacienda de Smtih Solar & Smith Miller arquitectos, s/f, publicado antes de 1930c. Fuente: En: Humberto Eliash y Manuel Moreno. *Arquitectura y Modernidad en Chile. 1925-1965*.

Santiago (Masuero, 2002) marcaba un hito con la instauración de la tipología de edificio en altura -aislado o de fachada continua-, monolítica, en su mayoría de oficinas de reparticiones públicas o privadas, que de manera progresiva derivó en la consolidación de un proceso de sustitución de construcciones de uno o dos pisos y de corte colonial por otras en altura y modernas (Figuras 2 y 3).

Ahora bien, es importante señalar que la planta libre como elemento ordenador del espacio, la volumetría en altura y el uso extendido de hormigón armado en toda la estructura, no cubren por sí solos los principios que definen el concepto y la práctica del *Edificio Chileno*. Surgen así incógnitas como: ¿en qué medida puede efectivamente el Ministerio de Hacienda ser considerado como la primera obra que incorporó en su diseño arquitectónico y estructural los fundamentos estructurales que posteriormente han definido al *Edificio Chileno*?; o, ¿qué grado de coherencia conceptual tiene el caso de estudio con tales principios? Un análisis crítico de la obra que considere las dimensiones arquitectónicas,

estructurales y constructivo-material a la luz de los preceptos previamente descritos, permitirá verificar la hipótesis aquí planteada.

Arquitectónica y estructuralmente, el Ministerio de Hacienda (Figuras 4 y 5) corresponde a una unidad edilicia conformado por un sistema portante de muros, marcos rígidos, diafragmas o losas- y planos de fachadas fenestrados. Interiormente, cada una de las plantas, salvo pequeñas variaciones, se ordena en torno a dos núcleos rígidos principales ubicados en torno al centro relativo de la planta, cada uno de los cuales integrado por muros en forma de caja. Éstos a su vez se desagregan en unidades que alojan servicios, instalaciones, escaleras y elevadores. Cabe destacar que, si bien la planta presenta un esquema relativamente regular, su geometría dista de una composición simétrica, evidente en la irregularidad perimetral, en las divisiones interiores de la planta del primer nivel, y en la ubicación excéntrica de una caja de escalera ubicada en la esquina surponiente (Figura 6).





Figura 2. Vista aérea Barrio Cívico en construcción. A la izquierda ex Hotel Carrera en construcción, a la derecha edificio ex Diario La Nación (1936-52c) © Enrique Mora Farraz. Fuente: Cultura Digital Universidad Diego Portales.



Figura 3. Fachada principal del Ministerio de Hacienda recién concluido. Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Dirección de Arquitectura, Archivo fotográfico.

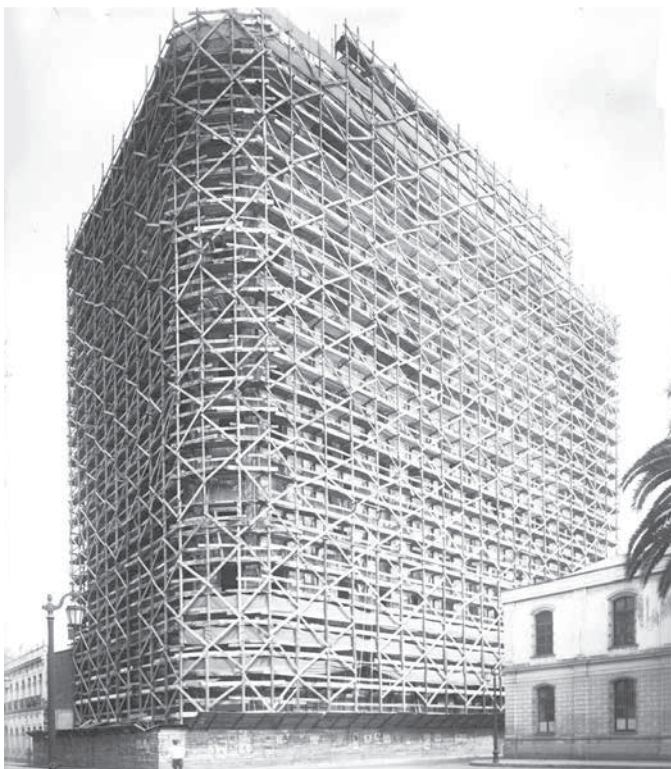


Figura 4. Edificio Ministerio de Hacienda hacia 1929. Fuente: Archivo Digital Ministerio de Obras Públicas.



Figura 5. Edificio Ministerio de Hacienda hacia 1929. Fuente: Archivo Digital Ministerio de Obras Públicas.



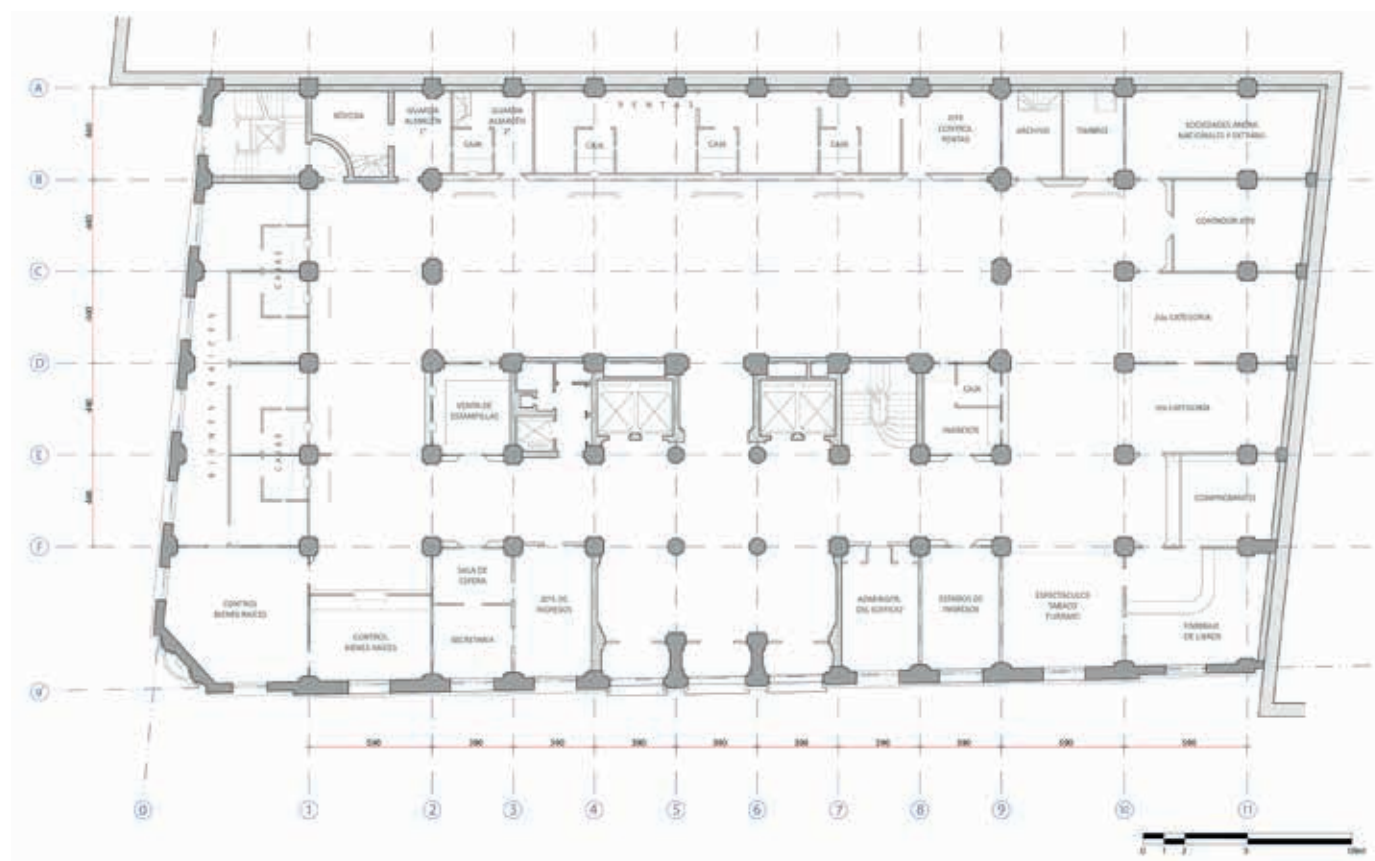


Figura 6. Planta Primer Nivel Ministerio de Hacienda, Smith Solar & Smith Miller Arquitectos. Dibujo del autor a partir del plano original contenido en el Archivo Digital del Ministerio de Obras Públicas.

Se distingue un segundo orden de muros correspondiente a los planos de cerramiento -o fachadas- que confinan el volumen en cinco planos, incluyendo el ochavo de la esquina suroriente. Nótese que ninguno de tales planos se intersectan perpendicularmente entre sí, en contraste con la trama subyacente al orden de muros y pilarización predominante en el interior. El resto de los paramentos graficados en el plano, corresponden a divisiones no estructurales, salvo los muros que realzan el acceso principal a modo de extensión de los pilares que anteceden el pórtico tripartito. Además, el sistema de marcos distribuidos ortogonal y regularmente en ambas direcciones (norte-sur y oriente-poniente) conectan, a modo de nervaduras, los muros -de corte- interiores con las losas -o diafragmas- con los planos verticales de las fachadas, generando así un sistema estructural integrado, monolítico y rígido (Figura 6) que plasma una estrategia que soluciona las dificultades de resistencia sísmica

que opera en un edificio de planta libre como éste.

El trabajo ha puesto atención hasta aquí en el orden programático, espacial y estructural que rige la obra en planta. Sin embargo, el problema que examina este trabajo refiere también su análisis en el plano vertical y tridimensional, particularmente respecto a la transmisión de cargas consecutivas desde el nivel superior hasta las fundaciones y la disminución progresiva de las secciones estructurantes hacia los pisos superiores. Respecto al primer punto, la obra evidencia un cuidado estudio de la posición de cada uno de los elementos portantes anteriormente descritos. Estos, muros y sistema porticados interiores y muros perimetrales o fachadas. El volumen total, incluyendo los niveles del subsuelo, se descompone en cuatro grandes partes o estratos: el segmento bajo tierra, conformado por un sistema de fundaciones, muros y pórticos interiores y muros perimetrales de contención;

el segmento correspondiente al nivel zócalo, integrado por la planta baja y los dos pisos superiores inmediatos; el cuerpo central, con plantas de piso tipo que van desde el piso cuatro al doce; y finalmente un cuerpo de coronación superior de menor superficie que aloja dos pisos retranqueados. (Figura 7).

Entre el conjunto de planos del proyecto de cálculo estructural, se halla una lámina que contiene el repertorio completo de "pilares y vigas tipo" individualizados por cada piso -del uno al trece-, con sus respectivas secciones variables y especificación de las enfierraduras. Mientras los pilares tipo de la planta baja tienen una sección de 90cm por lado, los del último nivel llegan apenas a 30cm también por lado. Entre ambos polos, las secciones de los pilares tipo de cada piso disminuyen progresivamente a medida que se acercan al último nivel, a razón de 5cm menos cada dos pisos, junto con la reducción de las escuadrías de las armaduras (Figura 8).

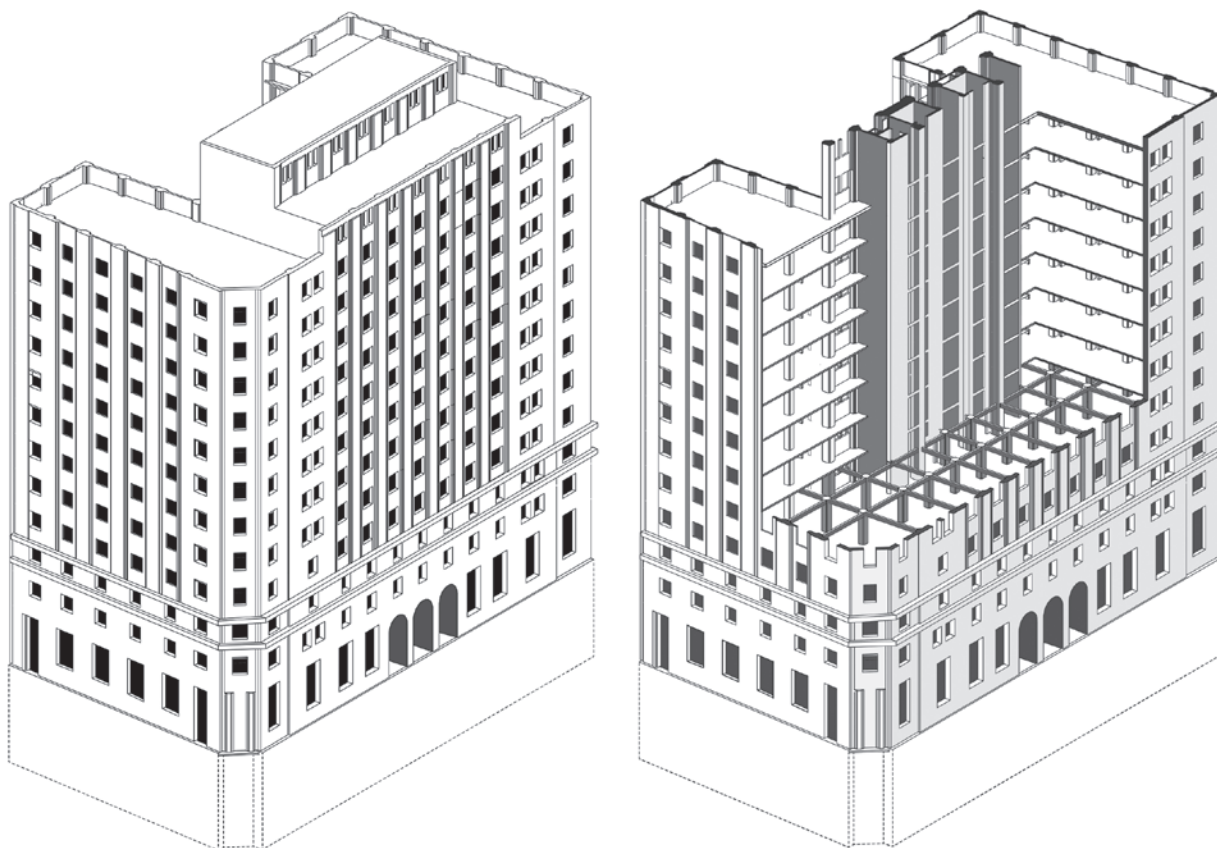


Figura 7. Izquierda: Axonométrica Ministerio de Hacienda, fachadas sur y oriente. En línea segmentada parte inferior del dibujo se esquematizan los tres pisos subterráneos. Reconstrucción modelo del autor. Modelado: Nicole Henríquez. Derecha: Axonométrica parcial cortada. Se observa la estructura monolítica compuesta por muros, marcos rígidos, diafragmas y muros de fachada. Reconstrucción modelo del autor. Modelado: Nicole Henríquez.

Por último, la robustez de la estructura de los niveles subterráneos y fundaciones, van en línea con el mismo criterio, especialmente evidente en las masivas fundaciones que reciben las cargas acumuladas desde la coronación. Robustez que se aprecia en la fisonomía del edificio, ya sea en las proporciones del volumen, antes que esbelto más bien compacto y algo achatado, y contenido por fachadas regulares que actúan como muros con perforaciones que corresponden a los vanos.

### Conclusiones

El trabajo aquí abordado recoge dos puntos centrales. Por un lado, la aproximación a una definición del *Edificio Chileno* en su dimensión teórica y práctica. Y por otro, el análisis de la obra del Ministerio de Hacienda de los arquitectos Smith Solar&Smith Miller, bajo la hipótesis que, por sus cualidades arquitectónicas, espaciales y estructurales, representa la primera construcción en altura que sentó bases importantes para lo que, a

la postre, decantó y cristalizó en los principios estructurales del *Edificio Chileno*.

El primer punto refiere al edificio en altura con estructura de hormigón armado, con presencia importante de muros de corte perpendiculares y coplanares a los ejes ortogonales en planta (planos  $x/y$ ), continuidad en la transmisión de cargas de los pisos superiores hasta las fundaciones, y la disminución progresiva de las secciones de la estructura inversamente proporcional con su altura.

El edificio del Ministerio de Hacienda representa la primera obra que aquilató parte importante de los fundamentos en torno a la idea de *Edificio Chileno*, haciendo de ésta una obra singular en el contexto local que tempranamente salvó los desafíos y exigencias impuestas por la sismicidad del país. Además de ser uno de los primeros edificios en altura, aislado, de planta libre y monolítico, representa sobre todo una obra que asimiló un conjunto de principios estructurales adelantados para su época

y que han demostrado un desempeño sismorresistente eficiente por cerca de 90 años. Ello se expresa en la conjugación de muros de corte al interior, muros perimetrales en las fachadas, marcos rígidos y diafragmas en cada nivel, todos ellos consolidados en una única pieza arquitectónica monolítica. Junto con la transmisión directa de las cargas gravitacionales a eje en cada elemento portante, la disminución progresiva de las secciones -especialmente de las secciones de los pilares que liberan las plantas-, expresan ante todo una estrategia de diseño coherente y eficiente, en que prevalece la noción de resistencia sísmica por rigidez y momento de inercia. El conjunto de estos recursos tuvo por fin último, la viabilidad de concretar la idea moderna de planta libre aplicado a un edificio en altura que, a pesar de los precarios e incipientes recursos con que se contaba, ha logrado oponer efectiva resistencia desde su construcción hasta el presente. Sentó así también, las bases de diseño arquitectónico y estructural

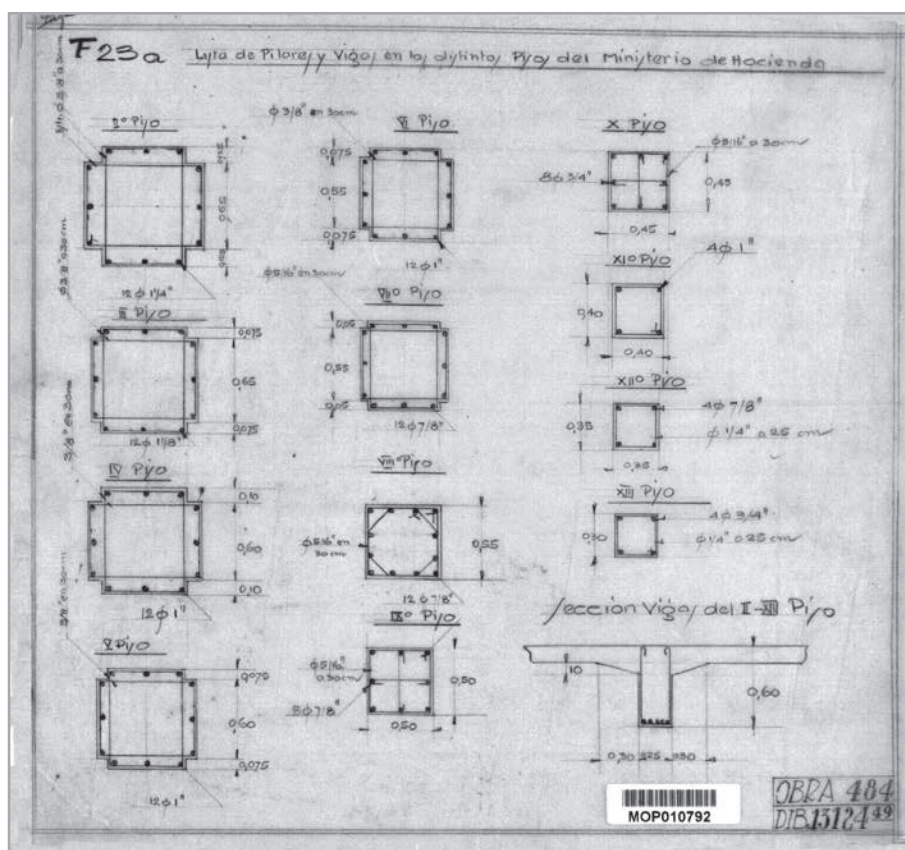


Figura 8. Plano de cálculo estructural, proyecto Ministerio de Hacienda. Detalle secciones pilares y vigas, s/f. Fuente: Archivo Digital Ministerio de Obras Públicas.

que en las décadas siguientes fueron progresivamente asimiladas y diseminadas en una amplia diversidad de variantes que han reportado estándares de resistencia sísmica notables, al punto que se le ha designado en el medio local e internacional, como Edificio Chileno.

Los principios elementales arquitectónicos y estructurales en lo que se sustentó el proyecto y construcción del Ministerio de Hacienda, así como la resistencia sísmica que ha mostrado tras cada terremoto significativo por casi un siglo de existencia, permiten constatar la integración entre los mundos disciplinares de la arquitectura y la ingeniería estructural, a través de una obra que marcó un hito clave en la historia de la construcción en el país. Es evidencia también, del hecho que las exigencias que impone el fenómeno y la acción sísmica en la edificación, pueden ser abordadas de manera tal, que permitan superar y traspasar los límites disciplinares y técnicos con que tradicionalmente se enfrenta.

### Referencias Bibliográficas

**Arias, A.** (1993). Comportamiento de edificios en hormigón armado con muros sísmicos. En R. Flores A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 173-184). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

**Barrientos, M.** (2020). *El Edificio Chileno y la Convención Sismorresistente*. *Materia Arquitectura*, 19 (pp.44 - 53). Recuperado en: <<http://www.materiaarquitectura.com/index.php/MA/article/view/423>>

**Bonelli, P.** (1993). Evaluación del comportamiento sísmico de edificios chilenos. En R. Flores A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 233-272). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

**Flores A., R.** (1993). Normas y prácticas de la ingeniería sismorresistente en Chile. En R. Flores A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 163-184). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

**García, J.** (2020). *Arquitectura de muro oculto. Fachada sismo resistente en la arquitectura chilena contemporánea*. Tesis para optar al

grado de Magíster en Arquitectura. Facultad de Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos. Pontificia Universidad Católica de Chile.

**Guendelman, T, et al.,** (2010). Instrumento de calificación sísmica. Perfil Bio-Sísmico de edificios. *BIT*, N°72, pp.44-50.

**Gurovic, A.** (2003). La estrella solitaria: En torno a la realización del Barrio Cívico de Santiago de Chile, 1846-1946. *Revista de Urbanismo*, 7 (pp. 1-28). Doi: 10.5354/0717-5051.2010.6214

**Masuero, A.** (2002). *Plaza de la Constitución: Proyecto urbano y debate arquitectónico*. (Tesis Magister en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile).

**Monge, J. et al.,** (1986). Edificios de hormigón armado. En VV AA, *El sismo del 3 de marzo 1985, Chile* (pp. 111-136). Santiago, Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

**Moroni, G.** (2014). La resistencia sísmica en el diseño contemporáneo. Reflexión sobre la influencia de las condiciones sísmicas en la arquitectura. *Arquitectura y Cultura*, N°5, pp. 62-75.

**Moroni, G.; Martin, R.; Cea, A.** (11 al 13 de diciembre de 2018). Experimentación geométrica para el comportamiento sísmico de estructuras. Intersecciones. III Congreso de Investigación Interdisciplinaria en Arquitectura, Diseño, Ciudad y Territorio, Santiago, Chile. Pérez de Arce, M. (2011). *Smith Solar & Smith Miller Arquitectos*. Santiago, Chile: Ediciones Universidad Finis Terrae.

**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 A. (Ed.), *Ingeniería sísmica: El caso del sismo del 3 de marzo de 1985* (pp. 205-232). Santiago, Chile: Ediciones Pedagógicas Chilenas.

### Notas

<sup>1</sup> Es probable que la denominación provenga del medio académico y de investigación a instancias de reuniones científicas internacionales, como el Congreso Internacional de Ingeniería Sísmica, principalmente World Conference of Earthquake Engineering (WCEE), cuya primera conferencia fue inaugurada en 1946, California, Estados Unidos.





Block 2. Unidad Vecinal Portales. Fuente: Archivo **ao**.

## Modernidad Sísmica Seismic Modernity

**David Quezada Espinoza**  
Universidad de Chile  
[david.quezada@usach.cl](mailto:david.quezada@usach.cl)

### Resumen

Los escasos daños que el terremoto del 27 de febrero de 2010 ocasionó en la Unidad Vecinal Portales, introducen un nuevo interés en el estudio de su estructura sismorresistente, el comportamiento de los elementos y en cómo comparece el carácter telúrico en el diseño arquitectónico. Constatamos en sus bloques edificados una transformación de la modernidad europea y que, pese a las aparentes semejanzas formales y consonancia con los principios de ésta, parece sugerir una manera de diseñar propia anclada en el efecto del movimiento de las placas tectónicas. El diseño chileno responde a la sismicidad de nuestro territorio y los modernos *pilotis* europeos se transforman en un lenguaje estructural a base de muros. El muro desencadena una arquitectura propia – local – generada por los esfuerzos laterales que deben resistir los elementos que conforman los bloques de la villa. Bresciani, Valdés, Castillo y Huidobro capturan el espíritu de la época en su forma de proyectar al ejecutar el conjunto densificado separando áreas verdes y circulaciones. Pero, la condición sísmica aparece como factor principal. Luego, es posible postular el nacimiento de una tipología de vivienda moderna a partir de un método proyectual que considera al sismo como variable fundamental.

Palabras clave: Estructura; modernidad; sismo; arquitectura chilena.

### Abstract

The damage caused by earthquake of February 27<sup>th</sup> of 2010 in the Portales dwelling Unit introduces a new interest in its supporting structure, the behavior of the elements and how the telluric character appears in the design. We note the transfer of modernity from Europe and how it is affected by the movement of tectonic plates. Chilean Buildings are shaped by seismicity and the international style was translated in a structural language wrote in walls. The wall reveals its own aesthetics – a local one – generated by lateral efforts in the structural elements that make up the blocks of the Unit must resist. Bresciani, Valdés, Castillo and Huidobro capture the spirit of modern architecture in their own fashion of projecting when executing the densified dwelling considering gardens and separate circulations, but how have they observed the seismic condition? In Europe this is not a variable for the architecture' project. Then, it is possible to elucidate the birth of a modern housing aesthetic from a design method that considers the seismological variable.

Keywords: Structure; modern architecture; seismic; Chilean building.

Recibido: 21/12/2021  
Aceptado: 10/06/2022

## El derrotero de la modernidad. de la Sarraz a la Quinta Normal

Este artículo busca poner de manifiesto la influencia del sismo en la definición de una arquitectura moderna local en la Unidad Vecinal Portales, entendiendo en el diseño sismorresistente del bloque como el surgimiento de una modernidad propia que responde a la condición sísmica del territorio. Lo anterior en contraste con ejemplos de unidad habitacional del movimiento moderno en Brasil o Francia, en donde el sismo no es la variable fundamental a considerar. Es mediante el estudio del sistema estructural del bloque de la villa Portales que se entiende la singular manera de diseñar arquitectura en respuesta a ese carácter telúrico que sufren los edificios de esta parte del mundo. Tal manera cuida la disposición de los elementos en ambos sentidos de la planta y cómo éstos rigidizan lateralmente – restringiendo la torsión – del bloque constitutivo de la Unidad Vecinal Portales. Su elemento base está en el sistema de muros.

La resonancia de la arquitectura desarrollada por la oficina de Bresciani Valdés Castillo y Huidobro desde sus inicios en el año 1954 con los postulados del movimiento moderno expresados en los distintos CIAM<sup>1</sup> se inicia a mediados de los años '30, cuando en el período de entreguerras las ideas impulsadas por el llamado "estilo internacional", término acuñado por Henry Russell-Hitchcock y Phillip Johnson para la exposición del MoMA en 1932, se propagan desde Europa en todas las direcciones del globo. Es en esos días que Carlos Bresciani

acaba sus estudios en un ambiente de reformulación de la arquitectura moderna. Para Fernando Pérez Oyarzun "Esta perderá su carácter monolítico para desplegarse en diversas búsquedas, muchas de las cuales tendrán que ver con explorar las formas modernas y las tradiciones locales". También menciona el vínculo con el Brasil moderno de los '50 y cómo allí se adaptan los elementos de la modernidad europea a la condición del lugar, ejemplificando con el sistema de circulaciones en la villa, en el que las rampas toman la pendiente natural del terreno aprovechando ese factor para conectar bloques en distintos niveles. En síntesis, Fernando Pérez se extiende en describir el traspaso formal y funcional de la arquitectura moderna y cómo ésta influye en nuestros cuatro héroes, sin embargo, no hace mención a la condición sísmica del país aún cuando, y como se lee arriba, engloba la situación del contexto nacional en lo que llama "tradiciones locales" (Pérez Oyarzun, 2006). También lo dice Josep María Montaner de manera explícita al ejemplificar el traspaso de la arquitectura moderna desde Europa a Sudamérica en la experiencia de Lina Bo Bardi, acuñando la diferencia que existe entre una "modernidad universal" directa del desarrollo europeo, que se exhibe en la ya mencionada exposición de Nueva York, y una "modernidad específica" que se logra de la comunión de los principios modernos del otro lado del atlántico y la cultura del lugar (Montaner, 1997). Ni uno ni el otro indagan en las complejidades mayores que reviste el viaje de la arquitectura moderna a través de la latitud y longitud geográfica, y para colmo, Montaner se solaza con

el caramelo que representa Bo Bardi en el país Moderno por excelencia, el país de Brasilia, de la que Guilherme Wisnik dice "La ciudad es una *tábula rasa*, el lugar donde todo puede volver a empezar y donde Brasil pasa a ser el hábitat natural de la modernidad" (Andreoli, 2004)

## Una racionalidad internacional. Un paseo por el mundo

Si bien la oficina de Bresciani Valdés Castillo y Huidobro adhiere al imaginario moderno sin explicitar el tratamiento sísmico, cabe realizar el ejercicio riguroso de contextualizar la búsqueda formal del proyecto de la villa Portales dentro del desarrollo de la arquitectura moderna de la post guerra. Para ello, es útil observar referentes directos de vivienda colectiva tanto en Europa como en el nuevo mundo: la Unidad Habitacional de Marsella de Le Corbusier, dado que ésta expresa claramente los cinco puntos – *pilotis*, planta libre, fachada libre, ventana corrida y techo habitable – expuestos en *Hacia una arquitectura* de 1926 y por la significancia que el suizo tuvo en el desarrollo de los CIAM; y la Unidad Habitacional Pedregulho de Affonso Eduardo Reidy, por su situación regional sudamericana próxima a Chile. Además, ambas son contemporáneas a la villa Portales.

En Marsella, la estructura del bloque es resistente al esfuerzo lateral sólo en una dirección de análisis, su eje longitudinal, no presentando mayor resistencia al corte en el sentido perpendicular o eje transversal. Las masas sísmicas son apreciablemente menores, conformán-

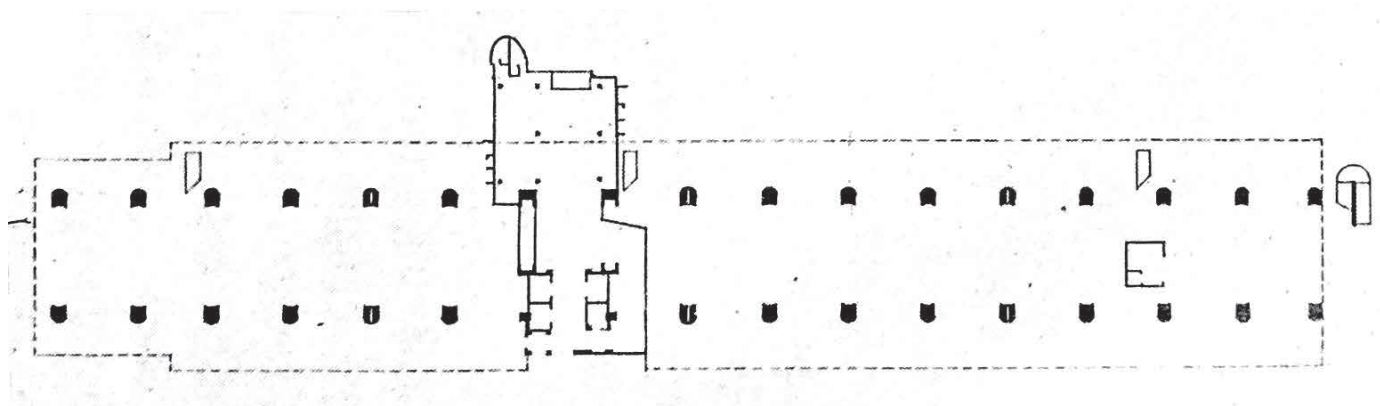


Figura 1. Planta del nivel suelo de la unidad de Marsella. Fuente: "L'Unité d'habitation de Marseille" Birkhauser, Basilea 2004. p.70

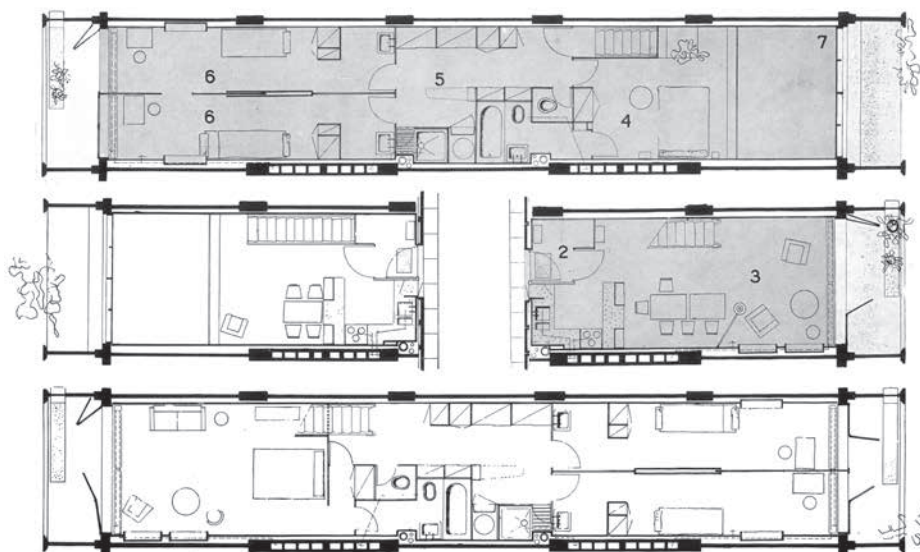


Figura 2. Planta en tres niveles del principio de "botellero" de la unidad de Marsella. Fuente: RAGOT "Le Corbusier en France, Projets et réalisations" Le Moniteur, Paris 1997. p.307



Figura 3. Unidad de habitación - Marsella - Francia. Fuente: (Le Corbusier) - Página 3 urbanity.es

dose una configuración de pilares. Le Corbusier tuvo la libertad de disponer los espacios de manera netamente funcional cuidando tan sólo el traspaso estático de las fuerzas, que a compresión quedaba asegurado con el empleo de las tecnologías del hormigón armado. No es necesario el compromiso de los elementos en pos de una resistencia lateral mayor, ya que la variable sísmica no es relevante. El juego del espacio y los volúmenes bajo la luz sencillamente no cuentan con la componente telúrica, con lo que la regularidad de la grilla puede ser extremadamente racional y el ritmo invariable. Una vuelta menos de tuerca desde un punto de vista sísmico.

Otro aspecto a consignar es la situación de la planta libre del nivel de suelo que responde a uno de los cinco principios y que, a pesar de la gran masa sísmica que presentarían los pilares se haya dispuesta en una sola dirección, de manera de alcanzar la ligereza de la planta y de una trama estructural más liberada con respecto a nuestra estructuración comprometida con los esfuerzos laterales y que responde a los efectos del sismo.

Respecto a la modernidad en Brasil, Guilherme Wisnik sostiene que ésta surge de la adaptación de los conceptos enarbolados por el funcionalismo internacional a la realidad de un país

tropical a través de la incorporación de elementos vernáculos de la arquitectura brasileña tales como enrejados, paneles de azulejos, espejos de agua y jardines (Andreoli, 2004). Estos elementos procuran amortiguar las condiciones climáticas tropicales, siendo ésta la variable central que la arquitectura moderna utiliza en el Brasil de los '50 para, en palabras de Montaner, lograr una "modernidad específica" a la luz del reconocimiento del factor central del lugar (Montaner, 1997). No hay posibilidad de una modernidad arquitectónica local sin tal traspaso, los cinco principios deben sortear el filtro que los contextualiza. ¿Cuál es el filtro que impone el contexto chileno y que



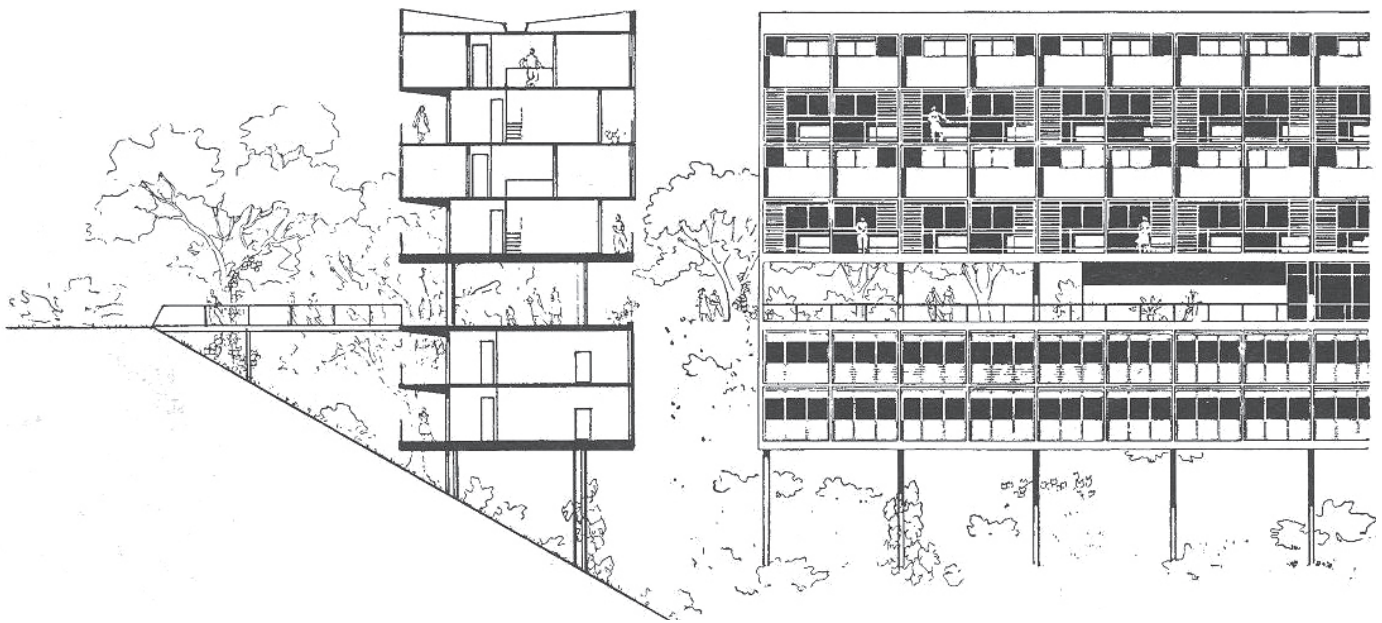


Figura 4. Affonso Reidy, Pedregulho Housing Development 1950-52, partial elevation. Fuente: ANDREOLI et al. "Brazil's Modern Architecture" Phaidon, Nueva York, 2004. p.30

afectan al proyecto de Bresciani Valdés Castillo y Huidobro? La Estructura antisísmica resistente a los esfuerzos laterales, que evidentemente, no aparece ni en Marsella ni en Brasil. La oficina ejecuta un traspaso de la modernidad al contexto del lugar, la somete al hecho que gobierna la técnica del país: una necesidad de racionalidad estructural antisísmica. *La terra trema*, el carácter telúrico del valle de Santiago engendra una modernidad específica.

### Estructura, estructural, estructurante

Para la arquitectura europea, artífice del movimiento moderno, los aspectos constructivos responden a una tradición estática dada por la naturaleza tectónica y geográfica. Francia no se mueve, no es necesaria una estructura que soporte los esfuerzos laterales. La palabra clave aquí es estructura, luego cabe preguntarse ¿Qué es la estructura en arquitectura? O, ¿qué es la estructura para la arquitectura? Tal pregunta es en extremo compleja, ya que se debe definir qué es la estructura "dentro" de una arquitectura. Luego, ¿qué es arquitectura y qué es estructura? ¿Son dos conceptos conciliables? ¿Son uno? ¿Cuáles son los elementos estructurantes de la estructura? El movimiento moderno rechaza la visión atávica de que la arquitectura está sobre la estructura y proclama la

liberación del elemento estructural y la pulcritud de las formas (Corbusier, 1939). Estructura, Estructural, Estructurante. Claude Levi-Strauss define tales conceptos como "Lo estructural es lo que está en la estructura, mientras que lo estructurante es aquello que, siendo parte de una estructura, constituye a una estructura" (Levi-Strauss, 1969). Por otra parte, Umberto Eco apunta que lo establecido por Levi-Strauss posee un carácter metafísico al hablar de la estructura de las estructuras (Eco, 1972). Con todo lo anterior, es claro que para la arquitectura de la villa Portales la estructura debe ser su constituyente sísmico dadas las singularidades del territorio, por lo que no es posible reducir su alcance a un mero traspaso funcional desde el ideario de la arquitectura moderna europea. Lo que preocupa aquí es la morfología estructurante que caracteriza a la modernidad local, la funcionalidad programática en última instancia queda supeditada al comportamiento estructural.

La morfología de la vivienda moderna responde a la idea racionalista que el movimiento extrajo para sí de las vanguardias europeas de principios de siglo XX, tales como el neoplasticismo, que afectó radicalmente el desarrollo de una estética racional para la arquitectura de fines del '20. Notable es el ejemplo de la

casa Rietveld, cuya composición se basa en el trazado de elementos geométricos primarios como líneas y planos (Montaner, 1997). Para Bonomo, "La dimensión morfológica analiza las dimensiones físicas y materiales que constituyen las estructuras residenciales de la Unidad Vecinal Portales, tanto en los espacios de las viviendas, los lugares comprendidos entre los bloques y la forma de las pasarelas elevadas y de los caminos peatonales. Todos estos elementos con sus dimensiones y características son parte de la obra misma" (Bonomo, 2009).

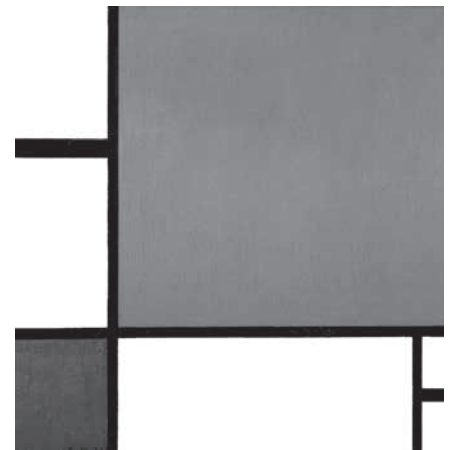


Figura 5. Piet Mondrian. "Composición II En Rojo, Azul y Amarillo". Óleo sobre lienzo. 1930.



Figura 6. Block 2. Unidad Vecinal Portales. Fuente: Archivo **ao**.

Es a los espacios de las viviendas a los que se refiere la estructura soportante que origina las tipologías de vivienda a partir de una lógica sismorresistente, al momento de delinearlas en el trazado de una grilla. El análisis debe remitirse por ende a cómo las tipologías ocupan la planta de manera que se garantice un correcto traspaso sísmico en ambas direcciones del análisis en cada uno de los pisos de un bloque. Tal es la naturaleza de racionalismo estructural que responde a la condición sísmica del país y no otra. Mas, Bonomo insiste en los fundamentos de la “modernidad específica” al aseverar que al momento de proyectar la villa Portales “Primaron

las nuevas ideas de sociedad, las nuevas fronteras de la arquitectura y del urbanismo, primaron las condiciones geográficas y topográficas del lugar” (Bonomo, 2009) no obstante sin hacer hincapié en la condición sísmica, como en Brasil el factor climático, la variable sísmica la que purga a la arquitectura moderna europea para hacerla entrar al suelo intensamente telúrico que soporta Santiago. Al respecto, es paradójica la total ausencia del nombre del ingeniero estructural, Fernando del Sol, en los estudios y en la bibliografía del proyecto de la villa.

### La estructura soportante, generatriz del espacio sísmico

A diferencia de Le Corbusier en Marsella y homologando la adecuación de la modernidad a los factores climáticos locales acaecida en Brasil, la firma de Bresciani, Valdés, Castillo y Huidobro, muy por el contrario, debe incorporar la variable dinámica, el movimiento de placas tectónicas, sin duda una singularidad del territorio que hace imposible la adopción de tipologías modernistas funcionales europeas. El sismo como sino de la edificación chilena.

La planta del bloque de la villa, muestra una racionalidad consonante con la rai-gambre neoplasticista del movimiento moderno, sin embargo, posee una mayor presencia de elementos estructurales que no aparece en ejemplos de unidades vecinales europeas y que por ende no obedece totalmente a los principios del CIAM, estos elementos tales como los muros de descarga en ambos sentidos en contraposición con la estructura de pilares que observamos en Marsella y Pedregulho. Los pilares dispuestos en el sentido transversal – ortogonal al eje longitudinal de la planta – pueden ser continuación de los muros que rematan, tal como ocurre en algunos de ellos. La liberación del pilar no responde a motivos estructurales. Cabe luego preguntar ¿responde sólo a una resonancia quizás forzada de los principios de la arquitectura internacional?

En la Figura 6 se aprecia la estructura principal del tramo A del bloque 2, en el que el primer y el segundo piso presentan estructura de pilares machones de hormigón armado. ¿Pilares? ¿Y qué pasa con la masa sísmica? La explicación es simple: sólo el tramo A, el primero de los seis que compone el bloque, no presenta muros en los primeros pisos, con lo que la composición del núcleo rígido en base a muros queda asegurada. Pero éste no es el detalle más relevante. ¿Qué diferencia diametralmente estas plantas de aquellas en que la modernidad no ha pasado el tamiz de la condición telúrica impuesta por la situación tectónica del territorio? La aparición del elemento muro. Y no sólo eso, sino que, además, tales elementos se hallan orientados en ambas direcciones de manera de asegurar la respuesta de la estructura frente a sollicitaciones sísmicas, enten-

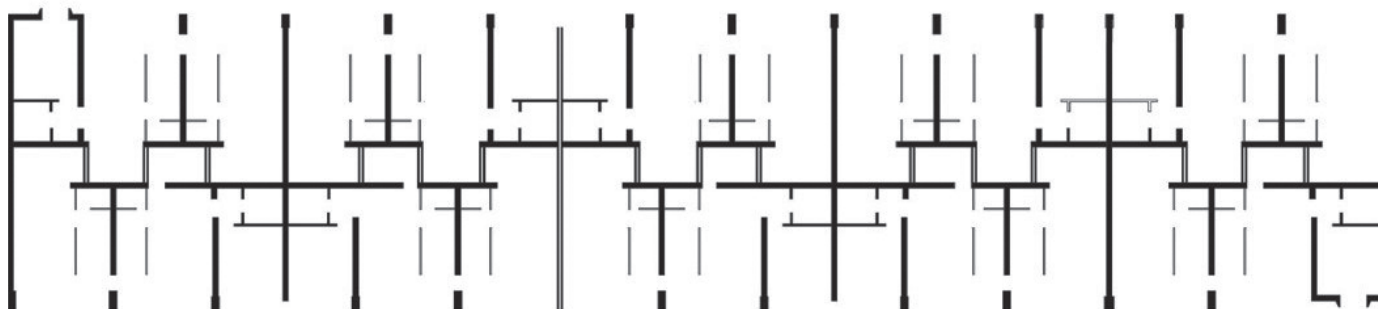


Figura 7. Planta tipo bloques 14-17. Fuente: Elaboración propia.

diendo que cualquier movimiento puede descomponerse en un par ortogonal y, por consiguiente, generador del plano.

Hechos estructurales notables se pueden observar en la disposición de los elementos en cada una de las plantas. Las de los pisos 1 y 2 muestran los pilares que describen el movimiento de la planta libre, no sin la precaución de orientar su eje fuerte hacia el eje débil de la estructura ¿Se habrá entendido tal operación alguna vez en La Sarraz? Los siguientes pisos conservan una configuración longitudinal en el eje transversal del bloque, tal como en Marsella, pero aquí es atravesada por sendas circulaciones en el eje longitudinal del bloque, de manera de reforzar la estructura y generar el eje fuerte del edificio mediante dos muros cabezales. Finalmente, el piso de arriba posee una estructura ligera de pilares, de manera de no acumular deformaciones mayores en la cumbre.

La fachada también intenta expresar el juego propuesto por Le Corbusier, a través de la continuidad visual de los elementos viga de la envolvente que le confieren un carácter horizontal a la elevación, rescatando uno de los cinco principios. Sin embargo, existe el cuidado de proveer de una masa estructural con muros portantes que arrancan desde el suelo. No es posible liberar la planta a nivel de terreno.

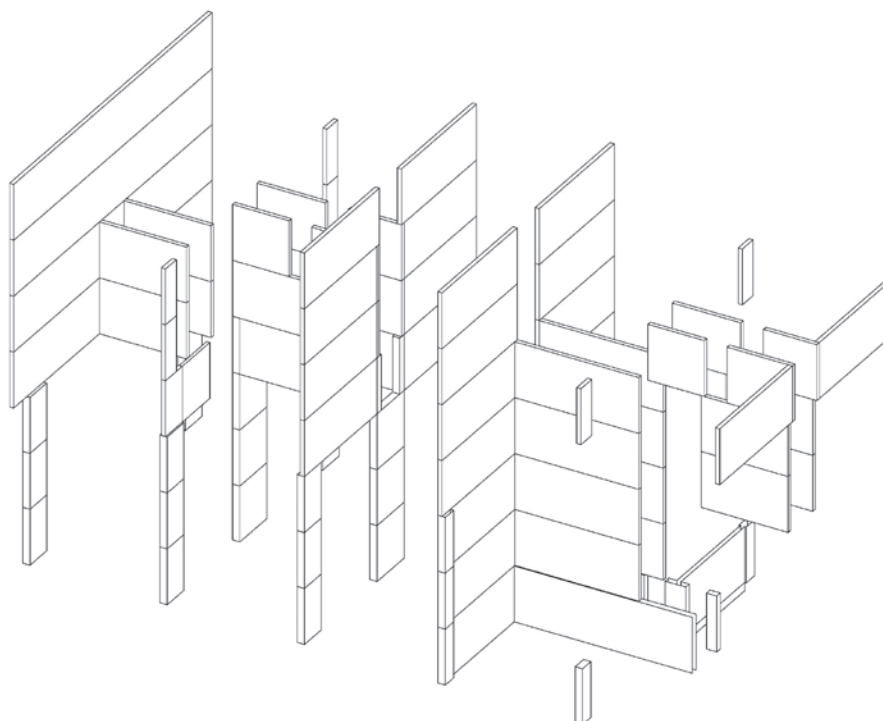


Figura 8. Estructura del tramo A del bloque 2. Fuente: Elaboración propia.

### Una modernidad propia del carácter local: la modernidad sísmica

Los principios expuestos por la arquitectura internacional visibles en la unidad de Marsella o en Pedregulho y que guardan relación con las cuatro funciones: Habitar, Circular, Trabajar y Descansar<sup>2</sup> han hecho carne en los edificios de la villa, respondiendo a las características visuales de la arquitectura moderna europea, pero además incluyendo los requerimientos sísmicos propios del territorio. Tal concepto de modernidad ha cuajado con los parámetros del lugar, generando y caracterizando la forma

del bloque edificado que responde a la sismicidad de nuestro territorio. La Unidad Vecinal Portales introduce los desafíos que impone la naturaleza sísmica de Chile y su propuesta estructural está de acuerdo con una suficiencia de elementos de rigidez tal que ésta soporte las solicitaciones generadas por el factor dinámico que causa el movimiento de placas tectónicas. De este modo surge una arquitectura moderna regional propia de un territorio sometido a los avatares dinámicos del suelo que soporta la vivienda. Este carácter ha determinado también la arquitectura de la villa, la que no sólo está dada por la espaciali-





Figura 9. Vista acceso block 2. Unidad Vecinal Portales. Fuente: Archivo **ao**.

dad funcional en concordancia con los principios del CIAM antes mencionados, sino que de manera fundamental por el comportamiento dinámico de las cargas sobre la estructura y el ritmo axial que éstas exigen. Es la expresión del elemento muro dispuesto en ambas direcciones y que no aparece en otros paradigmas de unidades habitacionales, precisamente por la necesidad de una rigidez lateral para la planta que debe ser provista por elementos de una inercia considerable que contrarresten la deformación inducida por las aceleraciones sísmicas. No hay *pilotis* en la

Unidad Vecinal Portales, el muro arranca desde el suelo y se desarrolla en altura respondiendo a ambas direcciones del análisis dinámico. No hay planta libre en la villa Portales, no hay tabiques móviles, el muro gobierna y modela su estética particular, su modernidad propia. La arquitectura moderna europea ha cruzado el atlántico para emplazarse en un suelo distinto, en un territorio de carácter sísmico que la modificaría para generar una modernidad local, una modernidad sísmica.

## Referencias Bibliográficas

**Andreoli, E; Forty, A.** "Brazil's Modern Architecture" Phaidon, 2004.

**Bonomo, U.** "Las dimensiones de la vivienda moderna: la Unidad Vecinal Portales y la producción de viviendas económicas en Chile, 1948-1970" Tesis Doctoral FADEU-UC; Profesor Guía Fernando Pérez Oyarzun, Santiago de Chile, 2009.

**Chateau, F.** "El espesor del suelo moderno: el problema de articular verticalmente grandes estratos horizontales en la UVP" Tesis de magíster en Arquitectura PUC, Santiago de Chile, 2002.

**Chateau, F.** "¿Qui/en2/carga esos grandes edificios? Unidad vecinal Portales 1954-2000" en ARQ 46 "Obras con receptor anónimo", Santiago de Chile, 2000.

**Corbusier, Le.** "Hacia una arquitectura" versión española Amadeo Ozenfant, El distribuidor Americano, Buenos Aires, 1939.

**Eco, U.** "La Estructura Ausente" trad. F. Serra, Lumen, Barcelona, 1972

**Forray, R., et al.** "Unidad Vecinal Portales (1955-2010) Arquitectura, Identidad y Patrimonio" Seremi Metropolitana de Vivienda y Urbanismo, 2010.

**Levi-Strauss, C.** "Antropología Estructural" trad. E. Verón, EUDEBA, Buenos Aires, 1968  
Montaner, J. "La Modernidad Superada" Gustavo Gili, Barcelona, 1997.

**Perez De Arce, R.** "Domicilio Urbano", ARQ PUC, Santiago de Chile, 2006.

**Pérez Oyarzun, F.** "Bresciani, Valdés, Castillo, Huidobro" Monografías de arquitectura chilena contemporánea", Ediciones ARQ, 2006

**Ragot, G.** Le Corbusier en France, Projets et réalisations" Le Moniteur, Paris 1997.

**Riddell, R; Hidalgo, P.** "Fundamentos de Ingeniería Estructural para Estudiantes de Arquitectura" Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago, 2001.

**Sbriglio,** "L'Unité d'habitation de Marseille" Birkhauser, Basilea 2004.

## Notas

<sup>1</sup> Congreso Internacional de Arquitectura Moderna, realizado entre 1928 y 1959.

<sup>2</sup> Carta de Atenas, CIAM IV, 1933 (Corbusier, 1950).



AP APLICACIONES

# Análisis de vulnerabilidad sísmica en edificios escolares del plan La Serena

## Seismic vulnerability analysis in educational establishments from La Serena plan

**Montserrat Panay**  
Universidad de Chile  
monse.panay@gmail.com

**Claudia Torres**  
Universidad de Chile  
claudiatorres@uchilefau.cl

### Resumen

A partir de los daños generados por los sismos *intraplaca* que afectaron a la Región de Coquimbo en enero de 2019, surge la posibilidad de analizar las condiciones de vulnerabilidad de los establecimientos educacionales construidos bajo el Plan La Serena en el periodo de 1946-1952, puesto que el daño en estas construcciones podría ser altamente perjudicial para la población infantil y el funcionamiento de la ciudad. Estas construcciones tienen una antigüedad de aproximadamente 70 años y no cumplen con las actuales normativas chilenas de diseño sismorresistente. A partir de ello, se realiza un análisis de vulnerabilidad sísmica de dichas obras, adaptando el método italiano G.N.D.T a los parámetros que inciden en el comportamiento sismorresistente de los establecimientos educacionales, considerando su morfología y tipología arquitectónica para, de este modo, identificar posibles casos críticos que requieren ser observados en mayor detalle.

Palabras clave: Método GNDT; riesgo sísmico; morfología; diseño estructural.

### Abstract

From the damage generated by the intraplate earthquakes that affected Coquimbo Region in January 2019, arises the possibility of analyzing the vulnerability conditions of the educational establishments built under La Serena Plan during the 1946-1952 period. Since the damage to these constructions could be highly detrimental to children and the functioning of the city. These constructions are approximately 70 years old and do not comply with current Chilean earthquake-resistant design regulations. From this, an analysis of seismic vulnerability about these institutions is carried out. The Italian G.N.D.T method will be adapted to the parameters that affect the earthquake-resistant behavior of educational establishments, considering their morphology and architectural typology in order to identify possible critical cases that may need to be looked up in a further detail study.

Keywords: G.N.D.T Method; seismic risk; morphology; structural design.

Recibido: 23/05/2022  
Aceptado: 06/06/2022



## 1. Introducción

Considerando que nuestro país se ha visto frecuentemente enfrentado a movimientos sísmicos, las tecnologías, las regulaciones y los modelos de análisis y cálculo sísmico, se han ido especializando cada vez más, por lo que existen diversos métodos y herramientas que permiten prever posibles daños en las construcciones a partir de su diseño, materialidad y estructura, entre otros.

Dentro de estas herramientas se encuentran aquellos "estudios de vulnerabilidad", como por ejemplo, el método del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT, 1993) que busca predecir el comportamiento sísmico de una edificación y las lesiones que la afectan.

Estos estudios, considerados de carácter subjetivo, basan sus resultados en una metodología de inspección visual para generar un análisis previo del comportamiento sísmico, identificando edificaciones de riesgo que requieren modelamientos y cálculos de mayor complejidad.

Frente a estos eventos de carácter natural e impredecibles, la arquitectura como disciplina cumple un rol fundamental a la hora de analizar el desempeño de determinadas edificaciones, tomando en cuenta dentro de estos análisis, aspectos como la planificación urbana, diseño arquitectónico, condiciones constructivas de la estructura o su antigüedad.

En base a estas circunstancias, es que se pone especial enfoque a la Región de Coquimbo, la cual, el 19 de enero 2019, se vio enfrentada a un sismo de magnitud 6.7 (Mw) sacudiendo principalmente a las ciudades de La Serena y Coquimbo (CSN, 2019). Este terremoto fue clasificado como un sismo *intraplaca*, el cual es poco usual en Chile y suele ser altamente destructivo, impactando con mayor intensidad a las edificaciones, pese a la "baja" magnitud registrada en relación a los daños generados, en comparación a sismos interplaca (los más frecuentes) de igual magnitud, lo que explica su alto nivel de daño dentro de la zona histórica, en la cual "1.025 inmuebles requieren algún tipo de intervención, sumado a los daños existentes previo al terremoto del año 2015, siendo el casco histórico de la ciudad de la Serena el área más afectada", (Farías, 2019) según evidencia el catastro realizado por el gobierno.

La ciudad de La Serena es la capital administrativa de la Región de Coquimbo y se localiza en la bahía del mismo nombre, en la costa del Pacífico. Su ubicación es clasificada como "zona 3" según la NCh 433, la de mayor frecuencia y magnitud sísmica, por lo tanto, es zona de riesgo sísmico. En cuanto a su geomorfología y las características geotécnicas del suelo, se compone a partir de un sistema de terrazas y valles que presentan diversas propiedades y características de suelo (Ruiz, 2014).

Este centro histórico está protegido por Ley de Monumentos (Ley N°17.288) como Zona Típica (ZT) y por el Plan Regulador como Zona de Conservación Histórica (ZCH), componiéndose de edificaciones construidas en distintas épocas. No obstante, aquellas de mayor relevancia institucional, fueron edificadas en un mismo período (1946-1952), cuando se implementó el "Primer Ensayo Urbanístico Regional para las Provincias de Chile" en la Región de Coquimbo, bajo el gobierno del presidente Gabriel González Videla, siendo denominado "Plan Serena". Por otra parte, estos inmuebles fueron edificados bajo la Ley y Ordenanza General sobre Construcciones y Urbanización de 1936.

De acuerdo con esto, es relevante evaluar el Índice de Vulnerabilidad sísmica (Iv) de las edificaciones educacionales que alberga el centro histórico de La Serena, mediante la aplicación de un método cualitativo que permita analizar las características de diseño, según las variables que influyen en su desempeño sísmico, tanto a nivel de emplazamiento, su morfología arquitectónica y los sistemas estructurales y constructivos.

La Figura 1 permite constatar que, en los últimos 50 años, ha habido 4 terremotos de gran magnitud, que han afectado el área de análisis, alterando la frecuencia sísmica histórica de la zona. Esta recurrencia sísmica se presenta como un factor a considerar, pues el daño acumulado puede incidir en el

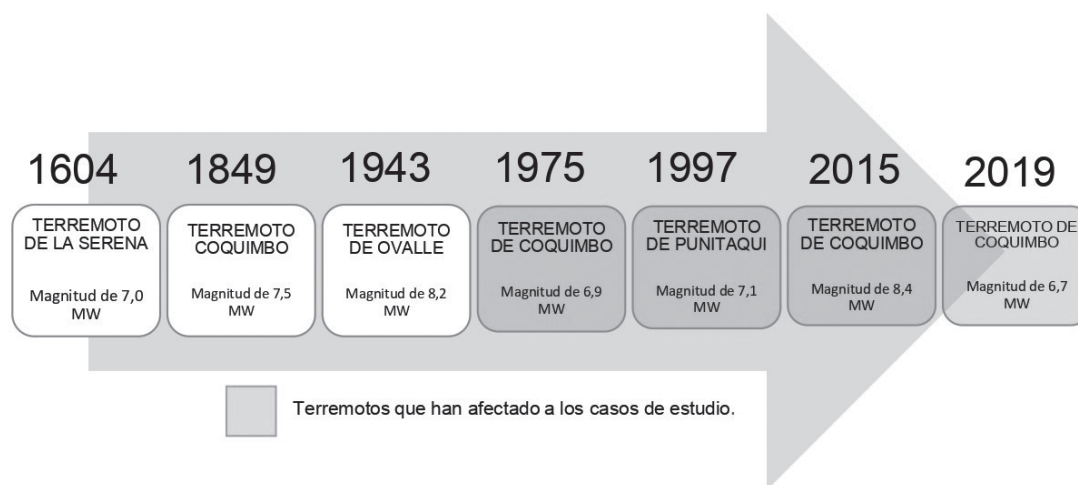


Figura 1. Terremotos que han afectado a la región. Fuente: CSN. Elaboración propia.



Figura 2. Establecimientos educacionales del Plan Serena. Fuente: Elaboración Propia en base a Saguéz, 1956.

índice de vulnerabilidad que presenten actualmente estas construcciones.

## 2. Arquitectura educacional en la ciudad de La Serena

El *Plan Serena* se conformó como un ensayo planificado de descentralización del país, iniciándose con la transformación de la Región de Coquimbo y la ciudad de La Serena (Eliash Humberto, 1989). Para ello, entre los años 1946 y 1952, se elaboró un plan de escala regional y un plan de escala urbana que consideró desde el trazado de calles, hasta la construcción de diversos servicios y edificios cívicos, entre ellos edificaciones escolares (Saguéz, 1956).

La construcción de edificios educacionales dentro del *Plan Serena* buscó dotar a la ciudad de edificios que permitieran su desarrollo y funcionamiento, potenciando

la descentralización. En su programa se incluyeron centros escolares y también proyectos universitarios en el año 1952, tales como la Escuela de Minas, la Escuela Agrícola y la Universidad Técnica (Fierro, 2015) (Ulriksen, 1952).

Para La Serena en particular, se contempló la construcción de 11 establecimientos educacionales diseñados a partir del estilo neocolonial (promovido por el Plan). Como excepción la Escuela de Minas y sus Talleres (Figura 2) fueron diseñados bajo las lógicas conceptuales de la arquitectura moderna de la época.

El objetivo de emplear esta estética neocolonial, según lo establecido por el presidente Gabriel González Videla, era dotar a estos establecimientos de "personalidad, colorido y belleza" (González, 1953).

Estos proyectos educacionales de or-

den neocolonial pusieron en práctica el simbolismo en su diseño, como por ejemplo, se reprodujeron las torres existentes en las iglesias, destacándose los establecimientos como punto de referencia. Esta estética, se acompañó de la composición de fachadas con repeticiones modulares, basamentos continuos e incorporó elementos locales, entre ellos portadas, pilares, balcón limeño, cubiertas de tejas, etc., (Figura 3).

Estas edificaciones, ocupan grandes predios, presentándose en el entorno urbano como conjuntos de carácter monumental. De igual manera, esta condición de monumentalidad se logra con edificaciones de pabellones longitudinales de gran extensión (Saguéz, 1956).

Así, la morfología fue desarrollada a partir de una tipología que combina





Figura 3. Torres en tipologías educacionales, Liceo Gabriel González Videla. Fuente: Elaboración Propia.

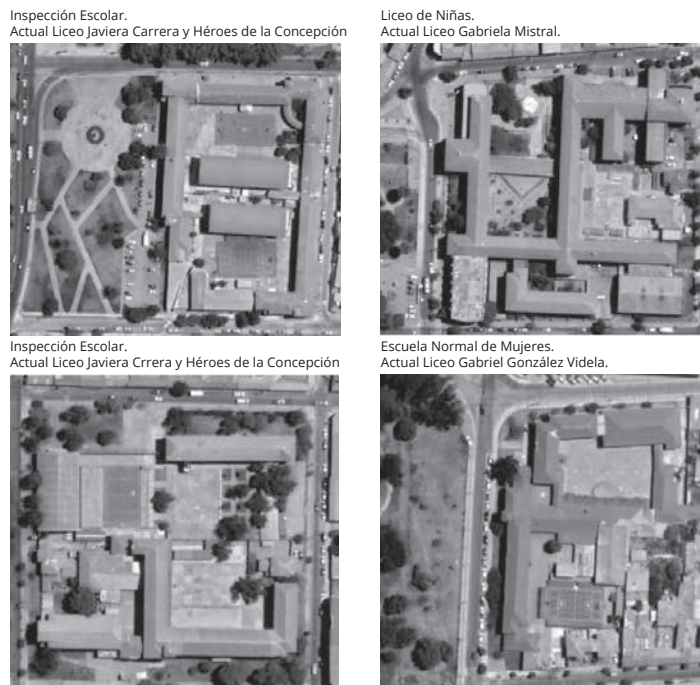


Figura 4. Tipologías de los establecimientos educacionales de La Serena. Fuente: Google Earth.

el “palacio educacional” y el “claustro” (Pérez, 2017). La lógica del “palacio” se observa en los pabellones longitudinales y la ornamentación del estilo neocolonial propuesto. La tipología de “claustro” se constata en la distribución volumétrica, que se centra en el patio, prevaleciendo sistemas panópticos de geometrías en L,U,H que permiten tener un control sobre los estudiantes, como se observa en la Figura 4 (Junemann, 1999)

Si bien su estética se basa en el estilo neocolonial, constructivamente podrían ser catalogadas como construcciones modernas ya que fueron edificadas principalmente con sistemas de muros y pórticos de hormigón armado y albañilería confinada, como se observa en la Figura 5 según lo estipulado por la OGUC de 1936.

Para el estudio de casos se seleccionaron 5 establecimientos educacionales. Dado que fueron construidos en la misma época, presentan pocas diferencias constructivas, por ello la muestra se selecciona en función de las características del suelo de emplazamiento (Terrazas), la diversidad de tipologías de ordenamiento volumétrico (L, T H U,

Nombre de Escuela en P.S	Colegio Japón	Escuela de Minas	Liceo de Niñas	Escuela Agrícola	Universidad Técnica
Fotografía					
Ubicación	Benavente 800	Anfión Muñoz 835	Benavente 500	Amunátegui S/N	Raúl Bitrán 1305
Año de Construcción	1954	1952	1946	1952	1950-1952
Arquitecto	D.G.O.P	SCEE	SCEE	José Aracena (SCEE)	D.G.O.P
Terraza Geográfica	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Inferior	Superior
Morfología	L	E	H,I	L,T,I	L,T,I
Nº de Pisos	2	3	3	2	2
Sistema Constructivo (Según OGUC de 1936)	B	B	A	B	B
Declaratoria	ZT,ICH	ZT,ICH	ZT,MH	_____	_____

Figura 5. Cuadro de casos seleccionados en el análisis. Fuente: Elaboración Propia.



I, E) y la accesibilidad a documentación técnica de los proyectos originales y la observación *in-situ*.

### 3. Adaptación metodo GNDT y variables del diseño sísmico

Para esta investigación se desarrolló una adaptación del método italiano GNDT (1993) considerando que ha sido ajustado y aplicado en otros estudios similares por Gent, Astroza, y Giuliano (2005), Maldonado, Gómez y Chio (2008), Silva (2011), Alwayay (2013), Pizarro y Agüera (2016), entre otros. Se selecciona este método debido a que incorpora variables como el estado de conservación de inmuebles y las propiedades de elementos no estructurales. De igual forma, es un método que puede ser adaptado y calibrado según la realidad a evaluar.

El método se adaptó a las características tipológicas de las edificaciones escolares diseñadas bajo el Plan (Figura 6) y se aplicó en 5 conjuntos escolares mediante una pauta de evaluación especialmente

diseñada para los casos. Posteriormente, se determinó el Índice de vulnerabilidad (*Iv*)<sup>1</sup> de cada uno y finalmente, en un análisis comparativo, se identificaron aspectos de diseño que podrían ser vulnerables y presentar daños en un siguiente terremoto.

Basándose en el método GNDT, se consideraron 10 variables que inciden en la vulnerabilidad y que son aplicables a los casos seleccionados en La Serena:

**1. Contexto:** Variable incorporada al método debido a que el entorno podría incidir directamente en el índice de vulnerabilidad. Se consideran 3 parámetros relacionados con: vías de evacuación; existencia de zonas seguras; riesgo ante derrumbe.

**2. Emplazamiento:** Referida a la calidad del suelo en el que se emplaza el caso, considerando el comportamiento geotécnico de las diversas terrazas; el tipo de fundaciones de los edificios y la condición de desempeño actual. De

acuerdo con las descripciones de Ruiz (2014), las zonas en que se localizan los casos corresponden a:

**a) Terraza inferior:** faja al oriente de la costa, extendiéndose en una planicie conocida como *Las Vegas*. Posee un mal comportamiento geotécnico, debido a su baja capacidad soportante y a la presencia de napas subterráneas muy próximas a la superficie. Debido a esto, los suelos se encuentran saturados, presentando baja permeabilidad y mal drenaje.

**b) Terraza Intermedia:** Compuesto por gravas arenosas y arcillosas, las que se encuentran compactadas y cementadas en algunos sectores. El nivel freático se encuentra a niveles que no afectan el comportamiento del suelo de fundación, lo que conforma una zona que posee muy buenas propiedades geotécnicas.

**c) Terraza Superior:** de transición hacia relieves montañosos en sectores altos de la ciudad. Se compone de gravas y arenas compactadas permitiendo que el

Ámbito	N°	Variable	Indicador (Ki)				Factor Total (Wi)	Factor (Wi)	Parámetro
			A	B	C	D			
Urbano	1	Contexto	0	1	2	3	0,5	0,17	Vías de evacuación
								0,17	Distancia entorno próximo
								0,17	Zonas seguras de evacuación
	2	Emplazamiento	0	1	2	3	1,0	0,75	Calidad del suelo
Edificación	3	Conformación volumétrica	0	1	2	3	2,0	0,20	Morfología
								0,40	Regularidad en elevación
								1,0	Juntas sísmicas
								0,40	Número de pisos de la edificación
	4	Organización del sistema estructural vertical	0	1	2	3	4,0	1,5	Distancia entre ejes estructurales
								0,75	Cantidad de ejes estructurales
								0,75	Rigidéz de ejes estructurales
								1,0	Continuidad de ejes estructurales
	5	Calidad del sistema estructural vertical	0	1	2	3	2,0	0,90	Tipo de sistema estructural
								0,20	Espesores de muros
								0,90	Homogeneidad de sistemas
								0,42	Tipo de sistema estructural
	6	Estructura de entresijos	0	1	2	3	1,25	0,42	Geometría
								0,42	Discontinuidades
								0,40	Tipo de sistema estructural
	7	Techumbre	0	1	2	3	1,0	0,40	Peso de la techumbre
								0,20	Materialidad/Riesgo caída de elementos
0,50								Reparaciones	
8	Estado de conservación	0	1	2	3	1,5	1,0	Deterioro	
							0,50	Tabiques	
Edificación No Estructural	9	Elementos no estructurales	0	1	2	3	1,0	0,50	Ornamentos
	10	Diseño antisísmico	-1	0	1	2	0,75	0,75	Uso de normativa antisísmica

Figura 6. Metodología G.N.D.T. Adaptada y calibrada. Fuente Elaboración Propia.

%	Extensión de vulnerabilidad	Acción a adoptar
0%	No es vulnerable en ninguno de sus parámetros.	No se requiere acción.
0-25%	Presenta parámetros vulnerables de grado menor que no requieren reparaciones ni refuerzos estructurales.	No se requiere acción.
26-50%	Presenta parámetros vulnerables de grado medio, que requieren reparaciones pero que no se presentan como un elemento de riesgo inminente para el conjunto, ya que no requieren intervenciones de carácter mayor.	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/refuerzos menores para asegurar su conservación.
51-75%	Presenta parámetros vulnerables de alto nivel, que requieren reparaciones y refuerzos de carácter mayor, pues se presentan como un elemento de alto riesgo en caso de que ocurran nuevos eventos sísmicos.	Se debe alzaprimar y evacuar el edificio para realizar acciones de restauración y refuerzos. Es necesario ejecutar una restauración estructural y un refuerzo sísmico, anterior al tratamiento arquitectónico.
76-99%	Edificación es vulnerable casi en la totalidad de parámetros evaluados. Presenta elementos de riesgo tanto a nivel estructural como no estructural de carácter severo. El edificio toma una condición peligrosa y debe cesar con actividades educativas.	Se debe alzaprimar y evacuar el edificio. Este debe ser demolido o exige extensos trabajos de restauración y refuerzo antes de ser ocupado nuevamente debido al alto índice de vulnerabilidad de sus parámetros.
100%	Edificación es vulnerable en todos sus parámetros y no puede continuar sus actividades debido al alto riesgo de colapso de su estructura ante la acción sísmica.	Despejar sitio y reconstruir.

Figura 7. Tabla porcentaje de vulnerabilidad y acciones a realizar según resultados obtenidos. Fuente: Elaboración Propia.

suelo tenga un buen comportamiento, a excepción de aquellos sectores próximos a laderas que podrían verse expuestos a posibles derrumbes.

**3. Conformación volumétrica:** Relacionado a aquellos parámetros del diseño formal de la obra: disposición de volúmenes, geometría, regularidad y continuidad de sus niveles, disposición de juntas de dilatación, cambios de altura del conjunto, cambios de sistema estructural y/o geometría.

**4. Organización del sistema estructural vertical:**

- a) Distancia entre ejes estructurales, valorando la repartición homogénea de elementos.
- b) Redundancia o cantidad de ejes estructurales, considerando que, a mayores espacios subdivididos, la vulnerabilidad será menor en comparación con espacios de grandes proporciones.
- c) Rigidez de ejes estructurales, analizándose aspectos de la materialidad, espesor y aberturas.
- d) Continuidad de ejes estructurales.

**5. Calidad del sistema estructural vertical:**

- a) Tipo de sistema estructural: composición de sistemas uniformes, ya sea muros, marcos rígidos o pórticos, a diferencia de si esta se compone de sistemas mixtos.
- b) Espesores de muros, según cumplimiento de la normativa de albañilerías confinada (Chile, 2018)
- c) Homogeneidad de sistema verticales: en relación a materialidad presente.

**6. Estructura de entepiso:**

- a) Tipo de sistema estructural de entepiso, diafragmas rígidos serán menos vulnerables que aquellos que se componen de envigados de madera.
- b) Geometría, cuadriláteros regulares que tengan proporciones de hasta 2:1 serán menos vulnerables,
- c) Las discontinuidades que presenta el entepiso (aberturas de cajas escaleras, dobles alturas, etc).

**7. Techumbre:**

- a) Tipo de sistema estructural, aque-

llas techumbres que se compongan de losas y cerchas, serán los casos de menor vulnerabilidad, versus aquellas de tijerales o par y nudillo.

b) Peso de la techumbre.

c) Materialidad y riesgo de caídas.

**8. Estado de conservación:** Reparaciones y condiciones de conservación, a mayor deterioro, mayor será la vulnerabilidad de la edificación.

**9. Elementos no estructurales:** En relación a presencia de tabiquería y existencia de ornamentos, su estado y morfología.

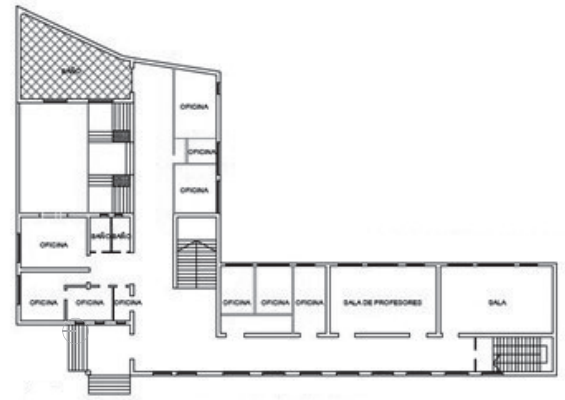
**10. Diseño antisísmico:** Considera las transformaciones normativas, como lo es la O.G.U.C de 1936 y sus modificaciones posteriores, la aparición de la norma NCh433 en 1972 y por último, la actual normativa que rige en nuestro país. A mayor antigüedad del caso evaluado, mayor será su vulnerabilidad, debido a la carencia de normativa sísmica en su diseño.

A continuación, se presentan las características y resultados de evaluación, específicos de cada caso analizado.

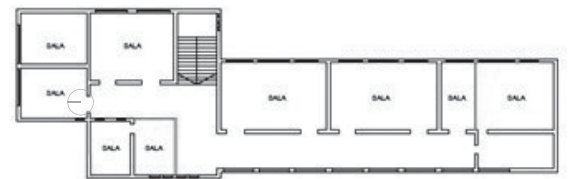
Presentación Caso Colegio Japón



Vista interior Colegio Japón.



Planta primer nivel



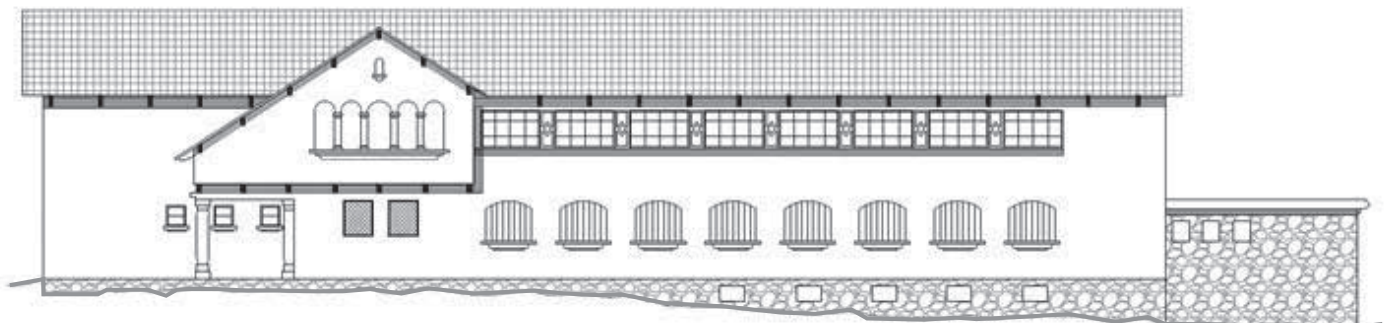
Planta segundo nivel



Planta Zócalo

Nº	VARIABLE	PUNTAJE OBTENIDO
A.1	Contexto	0.68
A.2	Emplazamiento	0
B.1	Conformación Volumétrica	4.4
B.2	Organización del sistema estructural vertical	4.0
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	3.6
B.4	Estructura de entrepisos	1.26
B.5	Techumbre	0.4
B.6	Estado de conservación	3.5
C.1	Elementos estructurales	1.5
C.2	Diseño antisísmico	0.75
Puntaje Total		20.09
Valor Índice		45.65%

Tabla de variables caso Colegio Japón.



Elevación poniente



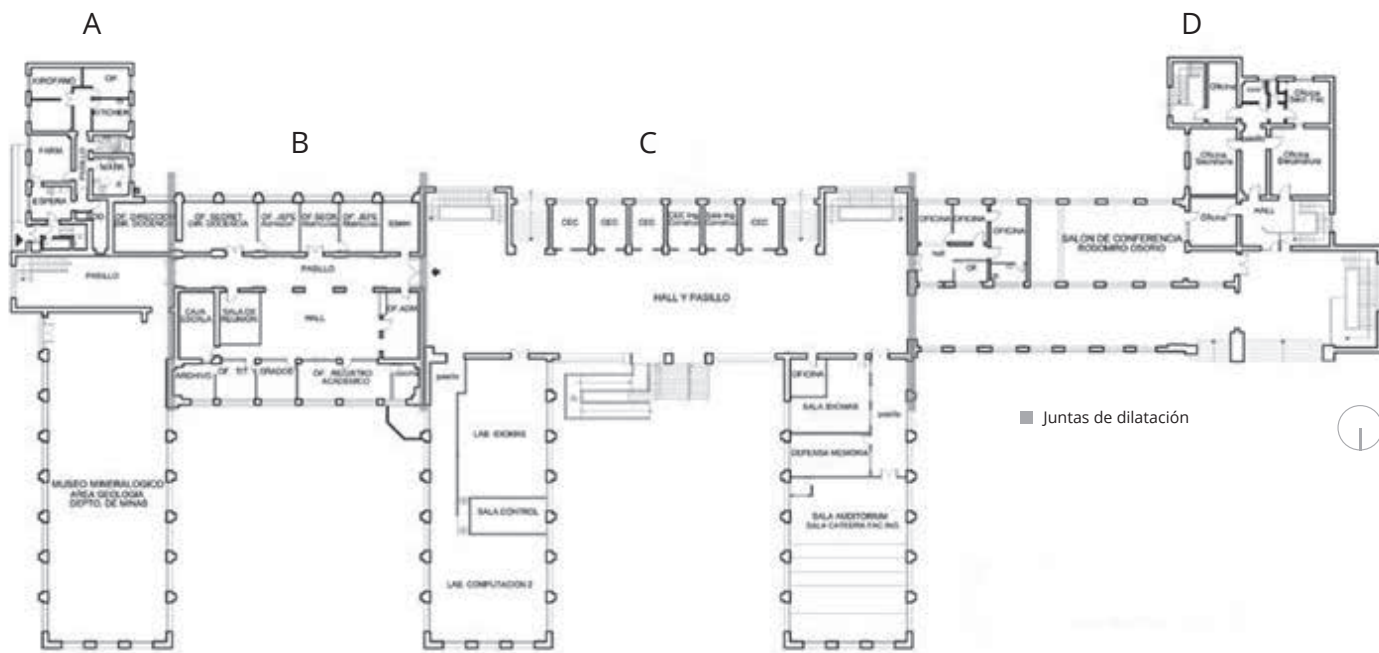
Presentación Caso Escuela de Minas Bloque B



Vista fachada norte.

Nº	VARIABLE	PUNTAJE OBTENIDO
A.1	Contexto	0.51
A.2	Emplazamiento	0
B.1	Conformación Volumétrica	0.4
B.2	Organización del sistema estructural vertical	7.5
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	5.4
B.4	Estructura de entresijos	1.26
B.5	Techumbre	0.4
B.6	Estado de conservación	2.5
C.1	Elementos estructurales	0.5
C.2	Diseño antisísmico	0.75
Puntaje Total		19.22
Valor Índice		43.68%

Tabla de variables caso Escuela de Minas Bloque B.



Planta Primer Nivel



Elevación poniente

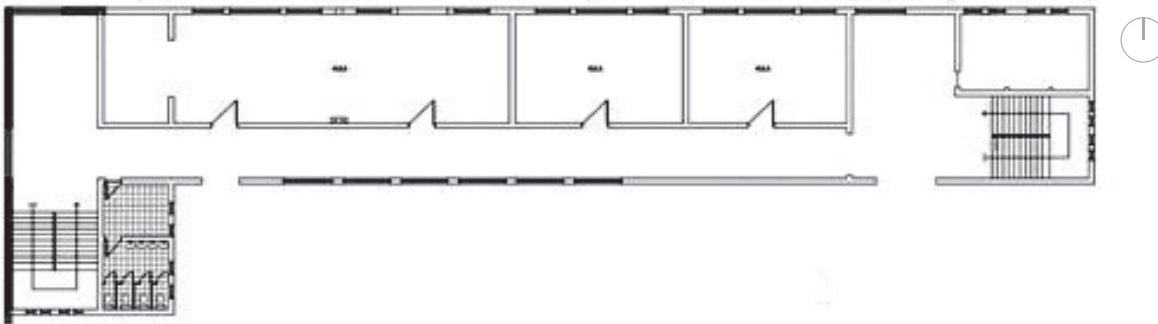
Presentación Caso Liceo de Niñas Bloque F



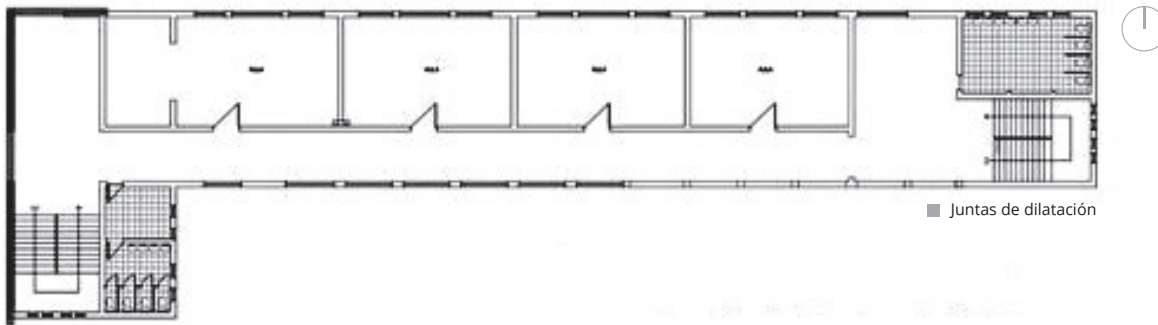
Vista fachada norte.

Nº	VARIABLE	PUNTAJE OBTENIDO
A.1	Contexto	0.34
A.2	Emplazamiento	0
B.1	Conformación Volumétrica	2.6
B.2	Organización del sistema estructural vertical	6
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	3.6
B.4	Estructura de entresijos	1.26
B.5	Techumbre	0.4
B.6	Estado de conservación	1.5
C.1	Elementos estructurales	1
C.2	Diseño antisísmico	0.75
Puntaje Total		17.45
Valor Índice		39.65%

Tabla de variables caso Liceo de Niñas Bloque F.



Planta Primer Nivel

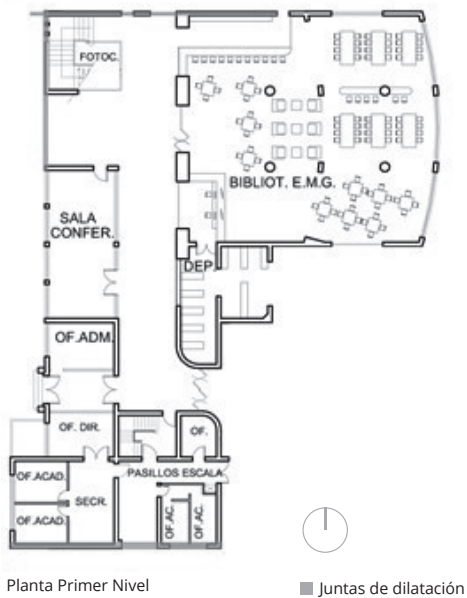


Planta Segundo Nivel



Elevación norte

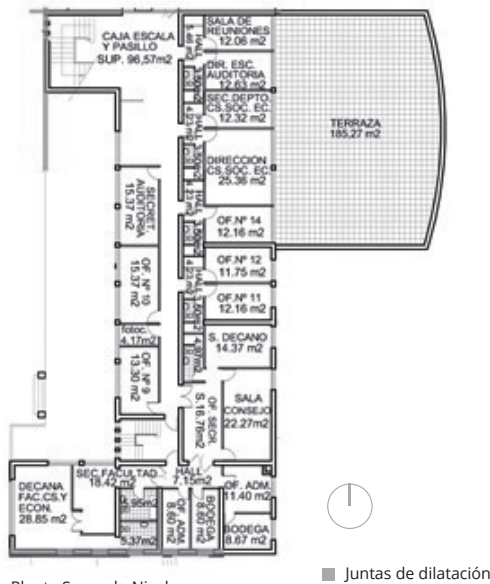
Presentación Caso Escuela Agrícola Bloque G



Planta Primer Nivel



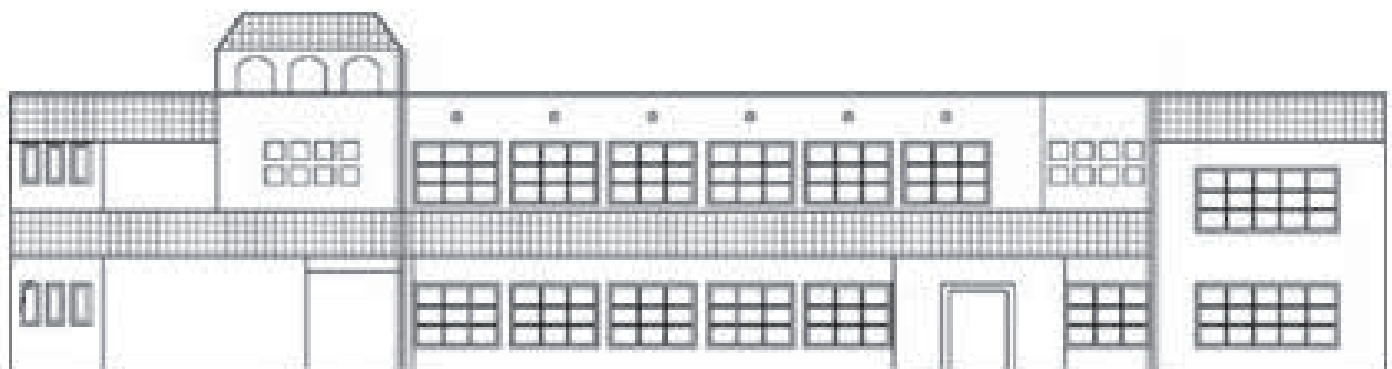
Vista acceso principal.



Planta Segundo Nivel

Nº	VARIABLE	PUNTAJE OBTENIDO
A.1	Contexto	0.34
A.2	Emplazamiento	2.75
B.1	Conformación Volumétrica	0
B.2	Organización del sistema estructural vertical	6
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	2.7
B.4	Estructura de entresijos	0.84
B.5	Techumbre	1.2
B.6	Estado de conservación	4
C.1	Elementos estructurales	1
C.2	Diseño antisísmico	0.75
Puntaje Total		10.58
Valor Índice		44.50%

Tabla de variables caso Escuela Agrícola Bloque B.



Elevación poniente



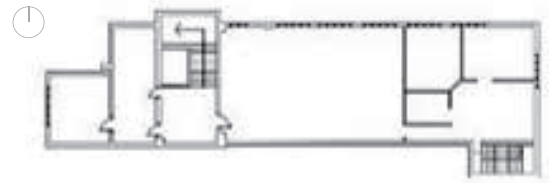
Presentación Caso Universidad Técnica



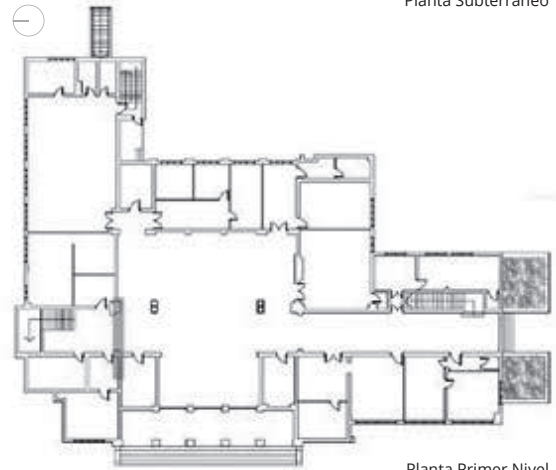
Vista fachada norte.

Nº	VARIABLE	PUNTAJE OBTENIDO
A.1	Contexto	0.34
A.2	Emplazamiento	0.75
B.1	Conformación Volumétrica	2.8
B.2	Organización del sistema estructural vertical	6.25
B.3	Calidad del sistema estructural vertical	4.5
B.4	Estructura de entrepisos	0.84
B.5	Techumbre	0.4
B.6	Estado de conservación	0
C.1	Elementos estructurales	1.5
C.2	Diseño antisísmico	0.75
Puntaje Total		18.13
Valor Índice		41.20%

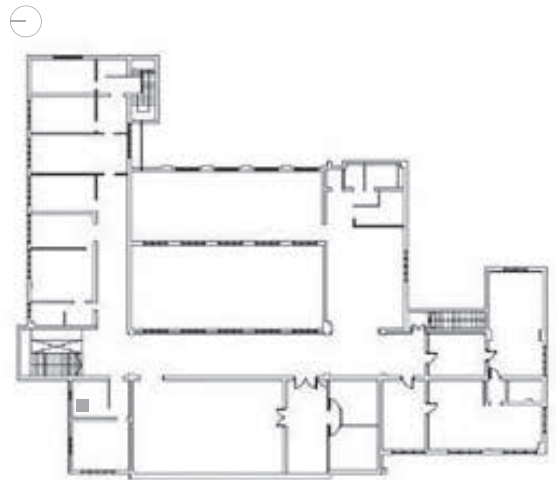
Tabla de variables caso Universidad Técnica.



Planta Subterráneo



Planta Primer Nivel



■ Juntas de dilatación

Planta Segundo Nivel



Elevación poniente

Caso	Ámbito Urbano	Ámbito Estructural	Ámbito Secundario	Índice (%)	Clase Daños	Acción a adoptar
Colegio Japón	0,68	17,16	2,25	45,65	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/ refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque A Escuela de Minas	0,68	12,36	1,25	32,47	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/ refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque B Escuela de Minas	0,51	17,46	1,25	43,68	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/ refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque E Escuela Agrícola	3,09	14,74	1,75	44,5	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/ refuerzos menores para asegurar su conservación.
Bloque G Escuela Agrícola	2,59	15,72	1,25	44,45	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/ refuerzos menores para asegurar su conservación.
Liceo de Niñas	0,34	15,36	1,175	39,65	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/ refuerzos menores para asegurar su conservación.
Universidad Técnica	1,09	14,79	2,25	41,2	3	No se requiere evacuar el edificio. Son necesarias reparaciones/ refuerzos menores para asegurar su conservación.

Figura 13. Cuadro Índices de vulnerabilidad obtenidos por caso. Fuente: Elaboración Propia.

#### 4. Resultados generales

Los resultados obtenidos a partir de la evaluación aplicada a los 5 casos de estudio se representan en la Figura 13.

Mediante el análisis comparativo de los resultados se pueden determinar que los edificios escolares presentan un índice de vulnerabilidad medio. No obstante, hay aspectos generales y/o específicos que podrían incidir en fallas o daños ante un nuevo sismo de mayor intensidad.

Dado que los edificios escolares responden a una tipología formal y constructiva similar como respuesta a una misma planificación y época, se observa que no hay diferencia en los índices finales de vulnerabilidad (Iv) de cada caso. Sin embargo, en el desglose de resultados obtenidos por parámetros, se demuestra que estos se diferencian en aspectos particulares y no reiterativos como se detalla a continuación:

Iniciando por su entorno y emplazamiento, al comparar los índices del ámbito urbano, el Liceo de Niñas es menos vulnerable, debido a que se ubica en la terraza intermedia (mejores condiciones geotécnicas), cuenta con óptimas vías de evacuación, y presenta zonas seguras tanto al interior como al exterior del conjunto. Por el contrario, el Bloque E de

la Escuela Agrícola es más vulnerable ya que se emplaza en el terreno con peores condiciones geotécnicas (terrazza inferior) y evidencia asentamientos diferenciales.

Siguiendo al ámbito estructural, el bloque A de la Escuela de Minas presenta mejores condiciones en su estructura ya que tanto su volumetría como la proporción de los diafragmas centrales del bloque tienen una disposición mayormente continua de elementos en sus tres niveles, las juntas sísmicas se encuentran dispuestas correctamente en los cambios de la edificación y su altura es regular en todo el bloque. Paradójicamente, el bloque B de la Escuela de Minas presenta las peores condiciones estructurales. Esta diferencia radica en el retranqueo que presenta el bloque hacia el sector norte en uno de sus ejes y a la diferencia de materialidad y espesores de elementos estructurales.

En lo particular, al analizar los sistemas constructivos, es donde se observan las principales diferencias, puesto que se evidencian casos con estructuras horizontales de diafragmas rígidos, otros con envigados flexibles, o diafragmas de geometrías críticas, principalmente en las áreas de circulación. De igual forma, algunos casos presentan estructura primaria en albañilería confinada de

“ladrillos de cemento”, otras con muros de hormigón armado y otras combinan ambas materialidades constructivas.

A partir de esto, un aspecto que se repite y que incide en aumentar la vulnerabilidad, es la combinación de sistemas estructurales (muros y pórticos). Se observa que, el diseño con sistemas estructurales con diferentes rangos de flexibilidad tiende a generar daños en las zonas de vínculos o uniones, principalmente en elementos secundarios o no estructurales. Si bien el daño en estos elementos no provocará el colapso de la edificación, se debe considerar que la falla en estos elementos podría causar daños a terceros (Guevara, 2009).

#### 5. Conclusiones y comentarios finales

Las edificaciones educacionales construidas en La Serena, entre los años 1946-1952, cuentan con un diseño arquitectónico, estructural y constructivo, apto para responder de manera eficiente ante la acción sísmica, a pesar de no cumplir con las actuales normativas sismorresistente, debido a que las regulaciones de la época lograron establecer parámetros para asegurar un correcto comportamiento antisísmico como se pudo desprender de la evaluación realizada.

Si bien existen casos que presentan índices de vulnerabilidad no despreciables, en ningún caso superan el 50%, lo que da a entender que, si bien requieren reparaciones y refuerzos menores, estos se condicen con la vida útil de cada establecimiento y los sismos que han enfrentado.

Su óptimo desempeño se debe a diversos factores, entre ellos, que se conforman a partir de un volumen de baja altura y de "gran masa" logrando mayor resistencia por rigidez, respondiendo de manera eficiente ante la acción sísmica. Esto probablemente se deba también a que la sobrecarga de uso en la normativa de la época era mayor a la actual, y por ello se encuentran altamente sobredimensionados estructuralmente.

Por otra parte, en relación a la metodología empleada, es relevante destacar la flexibilidad del método GNDT para la incorporación de nuevos ámbitos de análisis sin alterar la herramienta, puesto que únicamente se debe recalibrar y modificar el divisor empleado para obtener el índice de vulnerabilidad. Sin embargo, existen ambigüedades respecto al indicador (Ki), dada la falta de consenso respecto a la asignación de importancia de cada indicador, lo que finalmente puede generar una variación de resultados en investigaciones similares.

Finalmente, esta investigación busca establecer y aportar, mediante un análisis cualitativo, una base para futuros estudios cuantitativos de mayor especialización en aquellas edificaciones que presenten altos índices de vulnerabilidad, para así evitar posibles daños a futuro en un nuevo evento sísmico.

## Referencias Bibliográficas

**CHILE.** (2018). Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. MINVU.  
**CSN.** (2019). Centro Sismológico Nacional. Obtenido de <http://www.sismologia.cl/links/glosario.html#def9>  
**Eliash H. ; Moreno. M.** (1989). Arquitectura y Modernidad en Chile 1925-1965. Santiago: Ediciones Pontificia Universidad Católica de Chile.  
**Farías, C.** (22 de Enero de 2019). Columna de Sismología: El potente terremoto de Coquimbo, su cronología y por qué se sintió tan fuerte Diario La Tercera.

**Fierro, M. T.** (2015). Primer ensayo urbanístico regional, modernidad en La Serena, 1946-1952.  
**La Serena.** Revista de Urbanismo, (32), 32-53.  
**GNDT,** 1993. Rischio sísmico di edifici pubblici. Roma: Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti.  
**González, V. G.** (1975). Memorias, Vigésima Novena Parte, Plan Serena. Editorial Gabriela Mistral. Santiago de Chile. 1975.  
**Guevara, T.** (2009). Arquitectura Moderna en Zonas Sísmicas. Barcelona: Gustavo Gili.  
**Junemann, A.** (1999). Investigación Arquitectural del Inicio del Modernismo. Oficina Gustavo Monckeberg y José Aracena, Arquitectos y la Arquitectura Educacional 1920-1950 (Chile). Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile.  
**Pérez, F.** (2017). Arquitectura en el Chile del Siglo XX, Volumen 2. Editorial ARQ. Santiago de Chile.  
**Pizarro, N. Y Agüera, N.** 2016. "Vulnerabilidad sísmica de edificios educacionales en la zona de elevado riesgo sísmico de la provincia de Mendoza, Argentina. Una propuesta metodológica." Euro-American Congress REHABEND 2016, Burgos, España, 1000-1007.  
**Ruiz, S.** (2014). Análisis de microvibraciones del suelo de la ciudad de La Serena. La Serena: Universidad de La Serena.  
**Saguéz, O.** (1956). Urbanismo y Plan Serena, Un ensayo sobre la transformación urbanística planificada de una región.  
**Ulriksen, G.** (1952) Bases para la Planeación Regional del Norte Chico. Provincias de Atacama & Coquimbo (Valles Transversales). Revista Urbanismo Universidad de Chile N° 18. 2008. <http://revistaurbanismo.uchile.cl>

## Nota:

<sup>1</sup>Un mayor valor del Índice de Vulnerabilidad (Iv) significa mayor probabilidad de daños, por ello, si el Índice es bajo, el desempeño sísmico debería ser mejor.



# Orientaciones legales para desempeñar la ingeniería estructural

Legal guidelines to perform the structural engineering



Figura 1: Terremoto Vallenar – 1922. Fuente; Gustavo Bruzzone Rocco, Public domain, via Wikimedia Commons



Figura 2: Terremoto Valdivia – 1960. Fuente: dw.com



Figura 3: Terremoto del Maule – 2010. Concepción. Fuente: Emol.



Figura 4: Próximo Gran Terremoto.

**Eduardo Santos**  
IEC Ingeniería  
hsantos@iec.cl

## Resumen

Los nuevos escenarios que caracterizan al siglo XXI se ven reflejados en una extensión creciente de las responsabilidades legales aplicables a la industria inmobiliaria. Sin embargo, sus profesionales siguen confiando en el éxito histórico de sus habilidades técnicas, eludiendo el hecho que esta evolución de la sociedad obliga a considerar también el desafío de un mayor deber de cuidado. En este contexto, este documento presenta la visión de un ingeniero civil que confía en las leyes, y en los alcances de esta nueva cultura de judicialización.

Palabras clave: Responsabilidad civil; responsabilidad penal; falla estructural; daño estructural.

## Abstract

The new scenarios that characterizes the 21st century are reflects in a growing extension of legal responsibilities applicable to the building industry. However, their professionals continue to trust upon historical success of their technical skills, avoiding the fact that the way society has evolved forces us also to consider the challenger of a larger duty of care. In this regard, this paper present the view of a civil engineer and law enthusiast, with respect to some ranges of this new litigation culture.

Keywords: Civil law; criminal law; structural failure; structural damage.

Recibido: 16/03/2022  
Aceptado: 17/05/2022

## I. Responsabilidades legales

### 1. Principio de Legalidad

El artículo 7° de la Constitución dispone que “Los órganos del Estado actúan válidamente previa investidura regular de sus integrantes, dentro de su competencia y en la forma que prescriba la ley. Ninguna magistratura, ninguna persona ni grupo de personas pueden atribuirse, ni aun a pretexto de circunstancias extraordinarias, otra autoridad o derechos que los que expresamente se les hayan conferido en virtud de la Constitución o las leyes...”. Dicho en palabras simples, en derecho público solo se puede hacer lo permitido, en cambio, en derecho privado se puede hacer todo lo que no está explícitamente prohibido.

### 2. Alcances de las responsabilidades civil y penal

La responsabilidad civil se asocia al cumplimiento de la reglamentación aplicable.

La responsabilidad penal alude a una actuación imprudente o negligente, como consecuencia de una falta del deber de cuidado en el cumplimiento diligente de las obligaciones propias del desempeño profesional.

### 3. Extractos de la sentencia del Tribunal Constitucional

#### Colapso edificio Alto Rio – Concepción - terremoto del 27 de febrero de 2010

Para ilustrar el alcance del deber de cuidado requerido en nuestro ejercicio profesional, son importantes los siguientes considerandos de esta sentencia:

#### a) Considerando trigésimo cuarto:

“Es preciso constatar que, para la doctrina penal, la infracción de reglamentos (responsabilidad civil) es una cuestión distinta a la actuación negligente o imprudente (responsabilidad penal)”.

“Los reglamentos (normas) sólo contienen inducciones tentativas: sus soluciones son estadísticas referentes a casos tipos y establecen exigencias válidas únicamente para ellos. En la práctica puede ocurrir que, no obstante cumplirse el reglamento (norma), no se satisfaga el deber de cuidado, porque en el caso dado cabía esperar, jurídicamente, una mayor diligencia”.

“Del mismo modo, no pocas veces sucederá que, no obstante, la violación del reglamento (norma), faltará la culpa”.

#### b) Considerando cuadragésimo:

“Que, en todo caso, la infracción de los reglamentos (normas) no es el elemento determinante en el juicio de la imprudencia”.

“En consecuencia, no es la infracción de reglamentos lo exigible desde la perspectiva del Derecho Penal, sino que la no afectación de bienes jurídicos tutelados por un actuar imprudente o negligente”.

“Lo que hay que averiguar es si realmente la persona no aplicó el cuidado exigido, el cuidado mediano. La reglamentación (normas) sólo contiene un llamado de atención respecto de una medida de precaución de carácter general o medio, pero que por ello mismo puede ser sustituida por la persona por otra precaución de eficacia equivalente”.

### 4. Responsabilidades de la industria

a) **Las empresas inmobiliarias**, como propietario primer vendedor de una edificación, serán responsables (civil) por todos los daños y perjuicios que provengan de fallas o defectos en ella, sea durante su ejecución o después de terminada, según lo dispone el artículo 18° inciso 1° de la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y el artículo 1.2.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC). Esta responsabilidad (civil) también puede ser replicada en quienes resulten responsables directos de las fallas o defectos de construcción que hayan dado origen a los daños y perjuicios.

b) **La ley N°20.016 (2005)** – relativa a la calidad de la construcción- establece un plazo diferenciado para hacer efectiva las responsabilidades (civiles) indicadas, de la siguiente manera:

Un plazo de 10 años, en caso de fallas o defectos que afecten a la estructura soportante del inmueble

Un plazo de 5 años, cuando se trate de fallas o defectos de los elementos constructivos o de las instalaciones

Un plazo de 3 años, si hubiesen fallas o defectos que afecten a elementos de terminaciones o de acabado de las obras.

En los casos de fallas o defectos no incluidos en las situaciones anteriores, las acciones quedan sujetas a un plazo de prescripción de 5 años.

Estos plazos de prescripción se contarán desde la fecha de la recepción definitiva de la obra por parte de la Dirección de Obras Municipales.

c) **La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)** define al “Profesional competente” como: “arquitecto, ingeniero civil, ingeniero constructor o constructor civil, a quienes, dentro de sus respectivos ámbitos de competencia, les corresponde efectuar las tareas u obras a que se refiere la Ley General de Urbanismo y Construcciones y (su Ordenanza”, y esta última, en su artículo 5.1.7 dispone que: “Las edificaciones, exceptuadas las señaladas en el inciso final de este artículo (obras menores y viviendas económicas) deberán ejecutarse conforme a un proyecto de cálculo estructural, elaborado y suscrito por un ingeniero civil o por un arquitecto”.

d) **La ley N°20.703 (2013)**, que crea y regula el Registro de Revisores de Proyectos de Cálculo, dispone que “el profesional competente que realice el proyecto de cálculo estructural... será (civilmente) responsable de cumplir con todas las normas aplicables a estas materias...” y que: “el revisor del proyecto de cálculo estructural será subsidiariamente responsable...” (de esta especialidad), agregando separadamente que: “El revisor independientemente será subsidiariamente responsable al arquitecto que realice el proyecto de arquitectura, en lo relativo a que el proyecto de construcción y sus obras cumplan con todas las normas legales y reglamentarias aplicables a dicho proyecto”.

### 5. Normativa Aplicable

De acuerdo al artículo 1.1.3 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) “Las solicitudes de aprobaciones o permisos presentadas ante las Direcciones de Obras Municipales serán evaluadas y resueltas, conforme a las normas vigentes en la fecha de su ingreso” (a la Dirección de Obras Municipales).

## 6. Algunos casos que ilustran las responsabilidades legales

a) Como ejemplo de regulaciones que pueden resultar contradictorias se encuentra lo dispuesto en el artículo 5.1.1 de la norma NCh433 –Diseño Sísmico de Edificios– referido a sus niveles implícitos de daño aceptable, con respecto a lo señalado en la ley N°20.016 (2005), sobre calidad de la construcción, que estipula: “...las acciones para hacer efectivas las responsabilidades (civiles)...prescribirán en...el plazo de diez años, en el caso de fallas o defectos que afecten a la estructura soportante del inmueble”.

Para facilitar la defensa legal ante eventuales litigios, en el artículo 3.1 de la nueva norma NCh433, en desarrollo, se debiera precisar explícitamente que “falla o defecto” es el resultado de un diseño estructural “negligente o imprudente” (que debe ser probado) y que “daño” (sin colapso) es una situación que está contemplada en la normativa, dentro de las respuestas posibles de la estructura ante los efectos de un incierto evento sísmico.

b) **Interpretación normativa:** La doctrina del derecho civil anglosajón deja a criterio de los especialistas la determinación de algunas situaciones particulares, lo que difiere de nuestra legislación basada en el derecho romano, que habitualmente precisa todo lo necesario. Es el caso, por ejemplo, del Módulo de Elasticidad Sísmico Ed, en que, de acuerdo a esta doctrina, su determinación no está precisada en el reglamento norteamericano ACI318-19, pero, según nuestras prácticas profesionales, esperábamos que su determinación volviera a estar incluida en el nuevo texto de la Norma NCh430 en estudio, reincorporando el histórico  $19000\sqrt{R_{28}}$  o refiriéndose a otras reglamentaciones, tal como ASTM Standard E1876-01 (USA).

Sin embargo, el Comité que elaboró este proyecto de Norma NCh430 ha estimado que “las velocidades de deformación unitaria en estructuras ante sismos son

lo suficientemente bajas como para no afectar el módulo de elasticidad. Hay más variabilidad en la estimación del módulo de elasticidad que su efecto dinámico.” y, de esta forma, ha propuesto modificar el comentario R6.3.1.1, disponiendo que: “...debido a las sollicitaciones sísmica... se permite calcular el módulo de elasticidad del concreto  $E_c$  de acuerdo con 19.2.2”, es decir,  $4700\sqrt{f_c}$ ).

Esta propuesta normativa es diferente a la expresión que históricamente se ha utilizado en Chile con mucho éxito y debiera ser mejor justificada por el citado Comité, pues también podría resultar inconsistente con otros textos del ACI318-19, no modificados por la nueva NCh430 en desarrollo, tal como el punto R19.2.2.2, que hace referencia a la exigencia de ensayos para determinar el Módulo de Elasticidad para ciertas situaciones “...donde el estimativo de  $E_c$  es importante en el comportamiento ante vibraciones aceptables o comportamiento sísmico”.

c) **La Falla de San Ramón** es un ejemplo de los riesgos de una normativa insuficiente. Ella ha vuelto a ser noticia, esta vez, en el Informe de una Comisión Investigadora de la Cámara de Diputados, que, aunque pone énfasis en restricciones urbanísticas para su faja de riesgo sísmico, podría gatillar eventuales demandas judiciales que nos afecten, por un actuar negligente o imprudente ante sus efectos sísmicos.

Por esta razón, nuestra futura normativa debería identificarlas como: “fallas ubicadas en áreas de riesgo definidas en los instrumentos de planificación territorial y las leyes vigentes”, que es una redacción similar a la incluida en la Norma NCh3363, que regula las edificaciones en áreas de inundación por Tsunami.

d) **¿Cuál Norma utilizar?:** Para el cálculo de las cargas de viento sobre las estructuras se dispone de la Norma NCh432-2010 (Aprobada por el Consejo del INN el 30 de noviembre de 2010,

de acuerdo al *lex artis* existente a esa fecha), pero también sigue existiendo la Norma NCh432.Of71 (Norma Oficial de la República por Decreto Supremo del MOP de fecha 08 de noviembre de 1971), pues el INN no tiene atribuciones para derogar el Decreto Supremo que oficializó la Norma de 1971. Esta demora de las autoridades normativas para resolver esta inconsistencia nos obliga a considerar la envolvente de ambas regulaciones.

d) Como ejemplo de la **responsabilidad civil y penal**, la publicación “Perfil Bio Sísmico de Edificios” (T. Guendelman et al., 2017) ha sistematizado la amplia experiencia profesional en una relevante metodología de calificación sísmica para edificios de hormigón armado, pero que aún no es normativa y, por lo tanto, sin responsabilidad civil respecto de su cumplimiento. Sin embargo, su importancia y conocimiento por la comunidad profesional la hace indudablemente parte del *lex artis* de la ingeniería estructural y, en consecuencia, exigible desde la perspectiva de la doctrina penal.

f) **Los abogados acostumbran recordar que**, cuando existe texto expreso, no valen las interpretaciones (artículo 19° del Código Civil).

## II.-Norma NCH 3417

### Estructuras – Requisitos para proyectos de cálculo estructural

#### 1. Propósitos de esta Norma:

a) “Proveer a la sociedad estructuras que garanticen un nivel de desempeño confiable a través de la aplicación del estado del arte de los principios de cálculo estructural [...] al mismo tiempo tiene un carácter de estandarización de procesos [...]”.

b) “Esta Norma establece los requisitos que debe cumplir un proyecto de cálculo estructural, incluyendo planos, memoria de cálculo, especificaciones técnicas y protocolos de inspección”.



## 2. Origen:

Esta Norma fue desarrollada por un grupo de profesionales, convocados por el Instituto de la Construcción, a partir del documento "Guías para la práctica de la ingeniería estructural en California - 1999".

Con posterioridad al terremoto de 2010, el Minvu la presentó como NTM-004 "Estructuras: Proyecto de ingeniería estructural", la que luego se debió modificar a una versión adaptada a los requerimientos del Instituto Nacional de Normalización (INN) para regular un producto, no un servicio profesional, dando finalmente origen a esta Norma NCh3417.

Por decreto supremo fue declarada Norma Oficial de Chile desde el 14-julio-2021.

Resulta relevante mencionar que, frente a una posición unánime de los ingenieros civiles estructurales que participaron en este Comité del INN, fue imposible persuadir al Minvu que esta Norma se refiriera a la Ingeniería Estructural y no al Cálculo Estructural, pues, aunque así lo continúe llamando la OGUC, ese nombre ya no refleja su alcance.

## 3. Contenidos de un proyecto de cálculo estructural

### a) Etapas:

Los contenidos mínimos de un proyecto de cálculo estructural, incluidos en el acuerdo (contrato) del profesional competente, incluyen lo siguiente:

Estudios preliminares.

Etapas de diseño esquemático (ante-proyecto).

Etapas de desarrollo del diseño (proyecto).

Atención de los comentarios generados en la revisión del proyecto.

### b) Documentos:

Memoria de cálculo estructural, planos estructurales, especificaciones técnicas de la estructura, protocolos de inspección

y lista de documentos de construcción que permita la trazabilidad del proyecto.

c) Estudios complementarios (Anexo A normativo):

Estudios especiales (más allá del sistema estructural principal).

Estudios por contingencias (circunstancias no previstas).

d) Actividades complementarias (Anexo B normativo):

Este anexo describe actividades complementarias, según lo establezca el acuerdo (contrato) correspondiente para la etapa de construcción: Licitación y adjudicación, actividades previas a la construcción, revisión de las entregas y responsabilidades sobre materias de ingeniería externa y preingeniería, supervisión estructural (visitas a obra), otros estudios previamente acordados y revisión de informes de ensayos de materiales e inspección.

De este anexo es importante destacar las siguientes definiciones normativas:

La ingeniería externa corresponde a elementos especificados y diseñados por el profesional competente, pero detallados por otros.

La preingeniería corresponde a elementos especificados por el profesional competente legal y diseñados por otros especialistas. Su responsabilidad se limita a revisar que estos elementos son compatibles con la estructura soportante principal y con los criterios y cargas dispuestos para su diseño.

c) Otros documentos a revisar (Anexo C normativo):

Según lo establezca el acuerdo (contrato), incluye documentos tales como mecánica de suelos, propuesta y adjudicación, planos de taller, supervisión estructural (visitas a obra) y otros estudios, como ordenes de cambio y requerimientos de información.

## III.- Conclusiones

a) La responsabilidad civil (normas) es diferente a la responsabilidad penal (deber de cuidado).

b) La aplicación de la Norma NCh3417 debe ser un instrumento para que la ingeniería estructural deje de ser un commodity, transable al menor precio.

c) Es imprescindible actualizar y completar la lista de normas aplicables al cálculo estructural que se señalan en el artículo 5.1.27 de la OGUC.

d) La OGUC debería incluir un procedimiento de solución de legítimas controversias técnicas, provenientes de criterios diferentes, pero igualmente válidos.

e) La autoridad competente deberá desarrollar una extensa revisión y conciliación de los textos legales, reglamentarios y normativos que regulan esta industria, con el objeto de eliminar la gran cantidad de inconsistencias y obsolescencias que se incluyen en ellos.

f) La lectura de este documento debiera facilitar la mitigación de las réplicas legales del próximo gran terremoto, para que la Ingeniería Estructural siga siendo un servicio profesional fascinante.

## Referencias técnicas

**OGUC** Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

**NCh3417 Norma:** Requisitos para proyectos de cálculo estructural.

**NCh430 Norma:** Hormigón armado - Requisitos de diseño y cálculo.

**NCh433 Norma:** Diseño sísmico de edificios ACI318 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (USA).

# Bloque Lúdico Integral

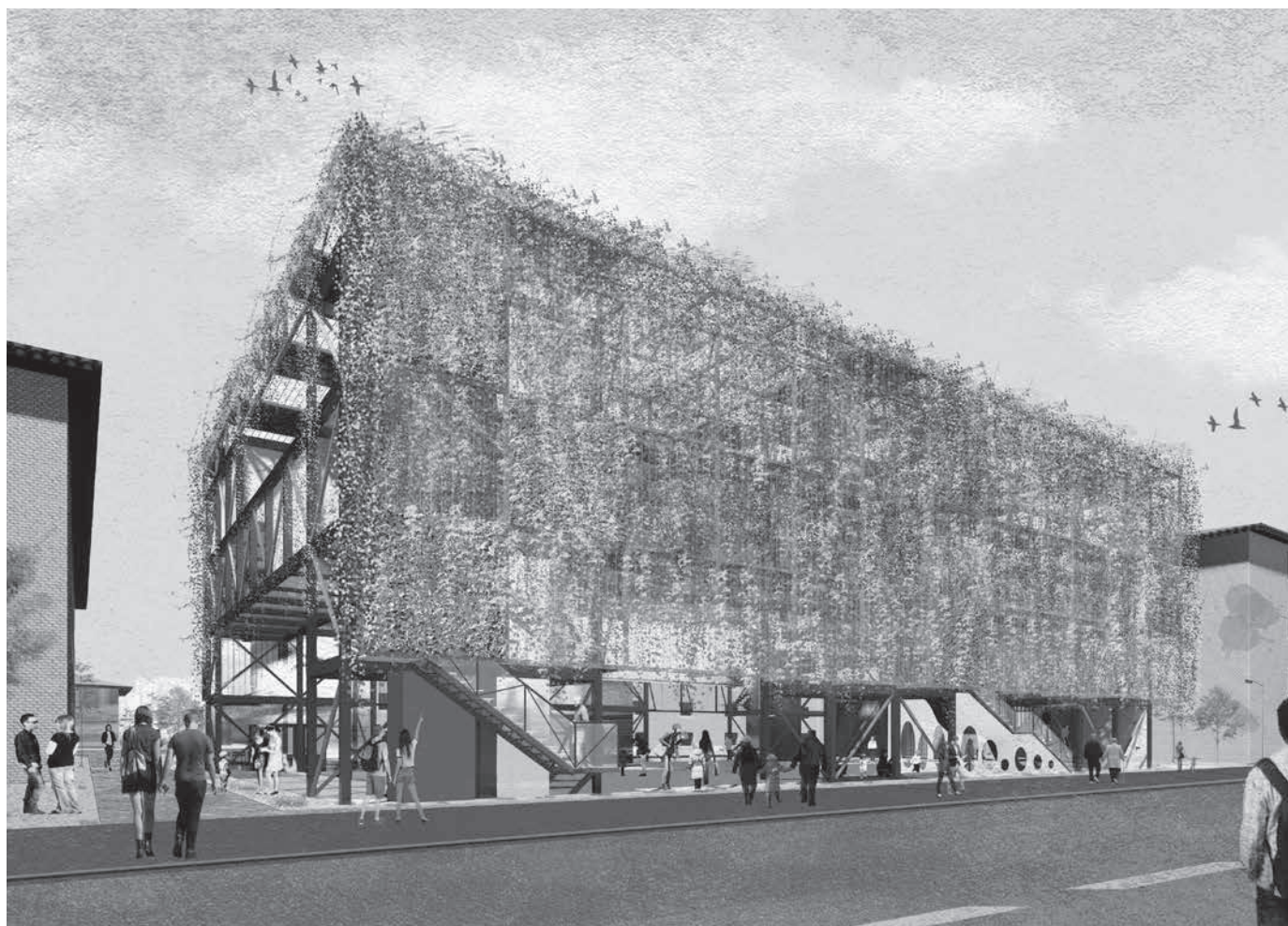
CONCURSO CAP 2021

Primer Premio

Estudiantes: Javiera Cid / Julissa Campos / Valeria Dias.

Profesores Guía: Óscar Luengo / Jorge Mancilla.

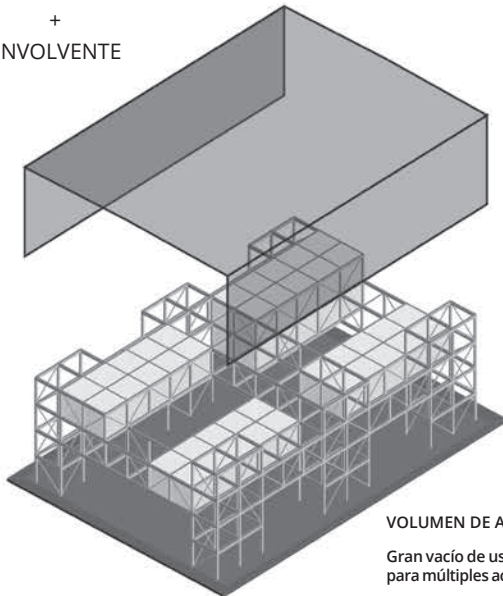
Escuela de Arquitectura USACH.



Vista principal del Bloque.

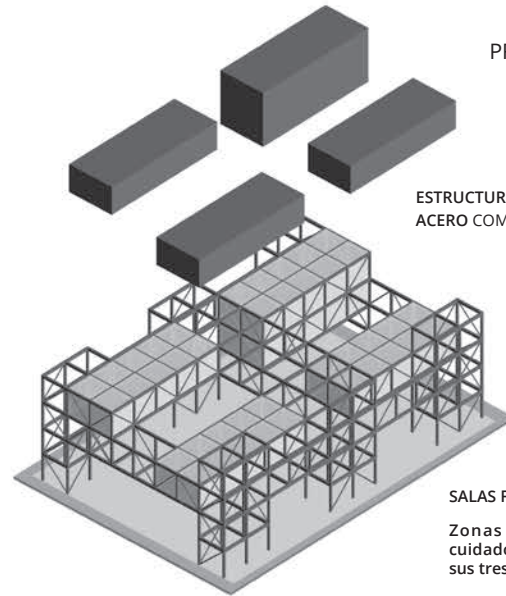
El bloque lúdico integral tiene como objetivo principal activar el espacio público deteriorado en los condominios sociales, fomentando la salud en tres grandes dimensiones: bienestar físico, mental y social, para así mejorar la calidad de vida de los residentes, incentivando un bienestar integral en la comunidad. El lugar en el que se inserta el proyecto corresponde a una tipología de blocks, un tipo de conjunto residencial que concentra las mayores tasas de hacinamiento, delincuencia y drogadicción en Chile. La propuesta se desarrolla en un condominio social de alta densidad y vulnerabilidad. ubicado en la comuna de Lo Prado, Región Metropolitana.

ESPACIO PÚBLICO  
+  
ENVOLVENTE



VOLUMEN DE AIRE  
Gran vacío de uso público  
para múltiples actividades

DESPIECE PROGRAMÁTICO

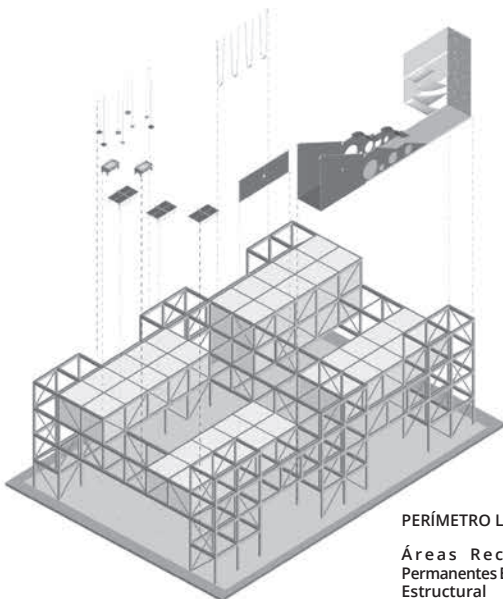


ESTRUCTURA  
+  
PROGRAMAS

ESTRUCTURA DE  
ACERO COMPUESTA

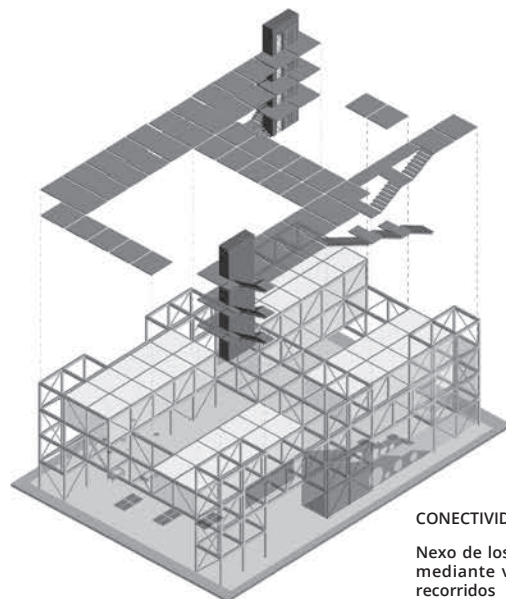
SALAS FLOTANTES  
Zonas destinadas al  
cuidado de la salud en  
sus tres dimensiones

ZONAS LÚDICAS



PERÍMETRO LÚDICO  
Áreas Recreativas  
Permanentes En Contorno  
Estructural

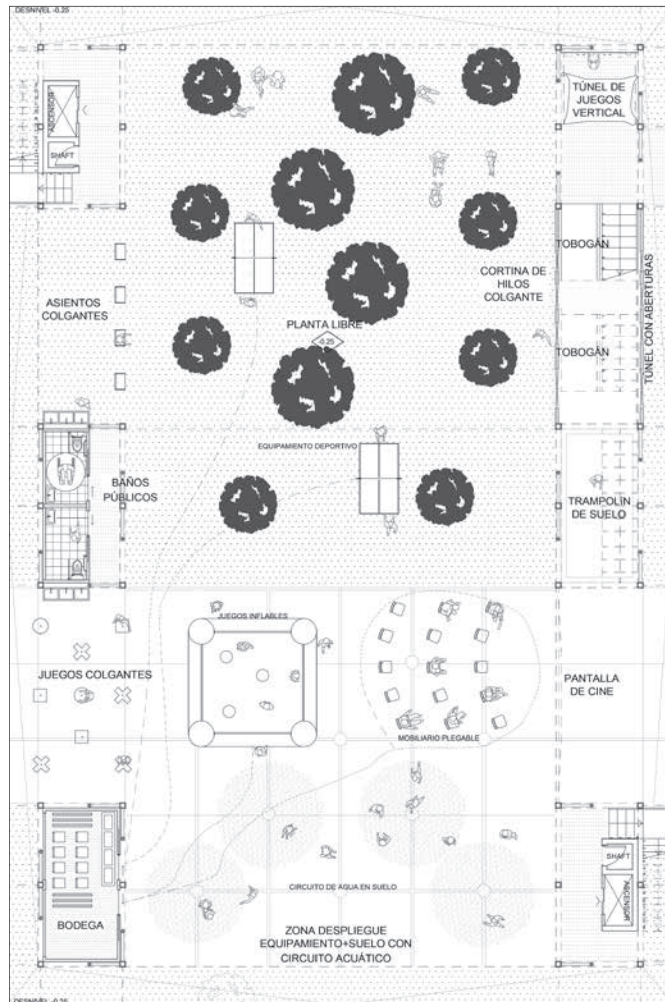
RECORRIDOS VERTICALES Y HORIZONTALES



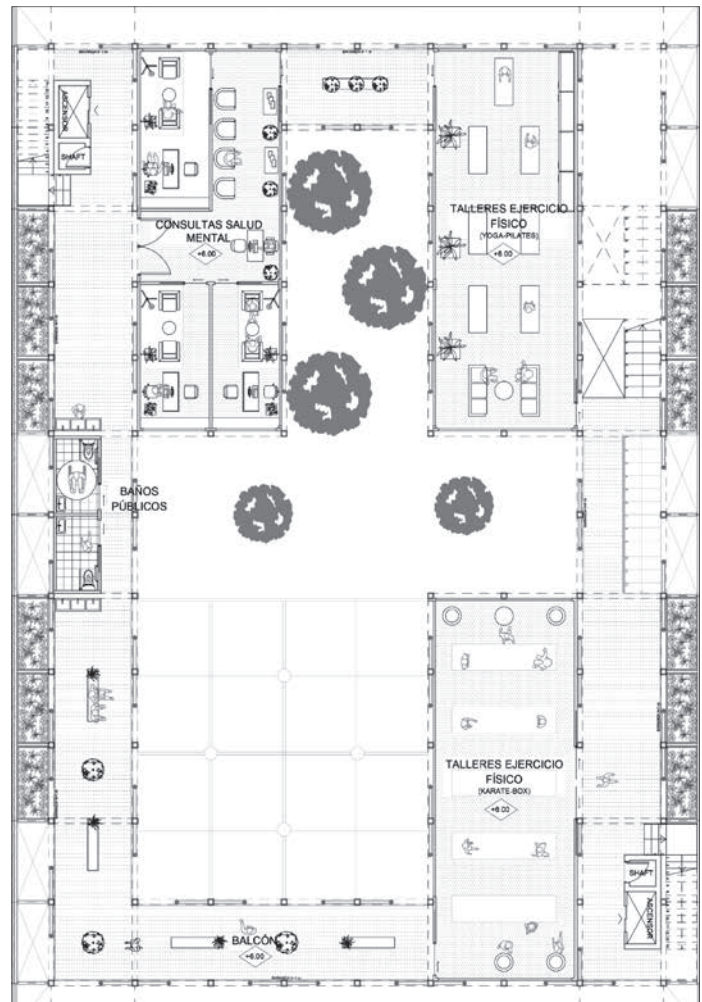
CONECTIVIDAD  
Nexo de los programas  
mediante variedad de  
recorridos



PLANTA NIVEL +0.00



PLANTA NIVEL +6.00



## Réplica

El proyecto en su partido general, tiene como objetivo la activación urbana a través de la inserción de un bloque lúdico integral, proponiendo una morfología con capacidad de réplica, que busca crear una red de bloques que se adapten a las condiciones urbanas preexistentes. Se puede implementar en distintos puntos críticos de la ciudad que contengan condominios sociales, de modo de potenciar la salud integral comunitaria. La réplica del

bloque, tiene como cualidad ajustarse a las preexistencias relevantes del entorno, por lo que puede adecuar sus programas y cambiar su morfología según las necesidades del lugar. Es un modelo que puede adaptarse al contexto inmediato, proporcionando salud y bienestar.

## Gran Plaza

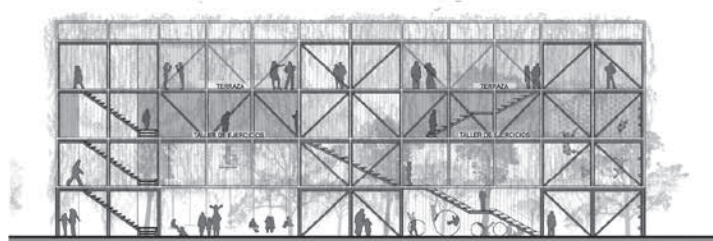
El proyecto propone un gran volumen de aire, por una parte libera la primera planta, creando una gran plaza pública; y por otra, a partir de su estructura, crea

distintas espacialidades asociadas a lo lúdico, focalizadas en el juego, en el fomento de la creatividad para niños y en la salud mental.

## Programas

Los programas del primer nivel se focalizan en actividades públicas y lúdicas, incentivando el bienestar comunitario. Los programas superiores, en un enfoque más acotado, se focalizan en la salud mental y física, configurando consultas de salud mental, espacio de terapia social y talleres de ejercicio

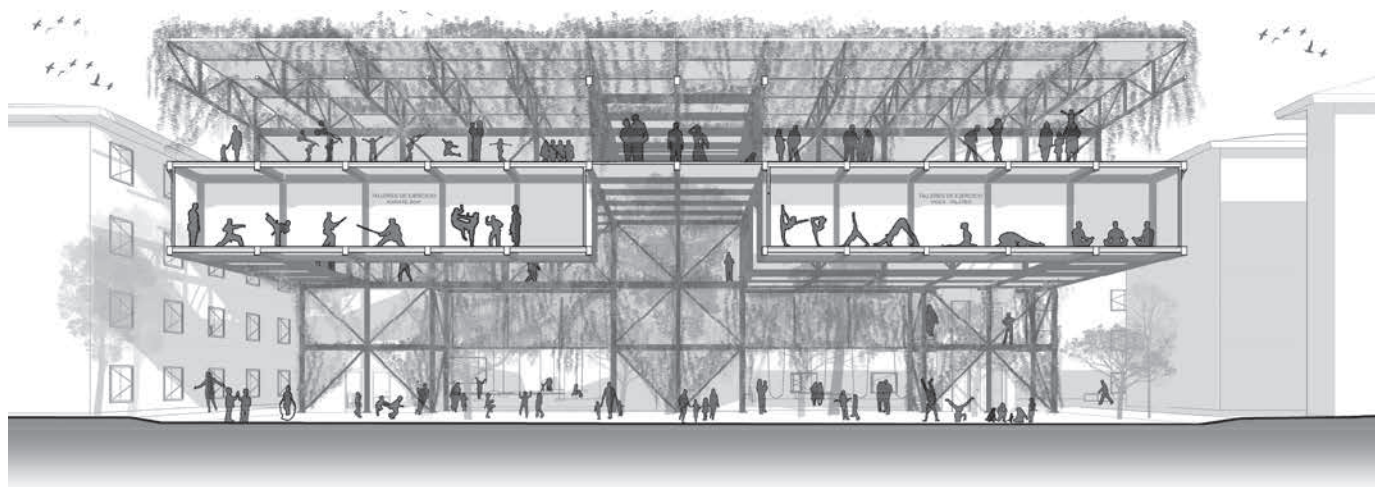
ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN ESTE



CORTE PERSPECTIVADO A-A'



físico. Además en los niveles superiores se proponen balcones y terrazas que pueden ser ocupados libremente por la comunidad. Todos estos usos se complementan con los programas insertos en el sistema estructural del proyecto, en los cuales se ubican baños y recorridos. Los recorridos se conforman por la circulación lenta (escaleras de paso lento) y la circulación directa (ascensores y escaleras de paso rápido), estos conectan los distintos programas a partir de una espacialidad que se configura por la vegetación.

### Módulos Estructurales

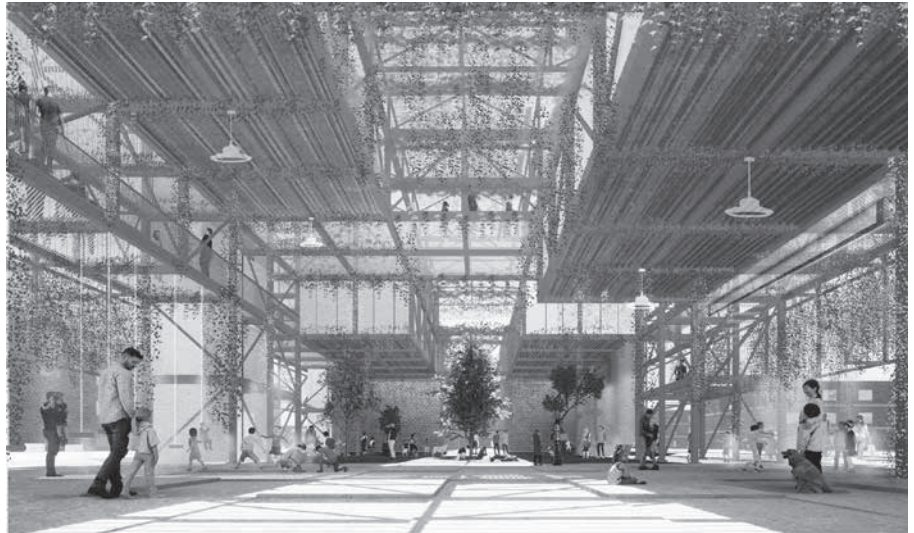
El sistema estructural consiste en seis núcleos estructurales (pilares modulares compuestos), los cuales forman la estructura fundamental del proyecto. Su dimensión se configura en módulos de 300 x 300 x 300 cm, que permiten replicarse, pues son módulos adaptables y de fácil montaje. Además, como estructura de soporte transversal y longitudinal se propone un sistema de vigas compuestas, con las mismas dimensiones y configuraciones de los núcleos estructurales. Esto enmarca

un sistema estructural tridimensional ajustable y replicable.

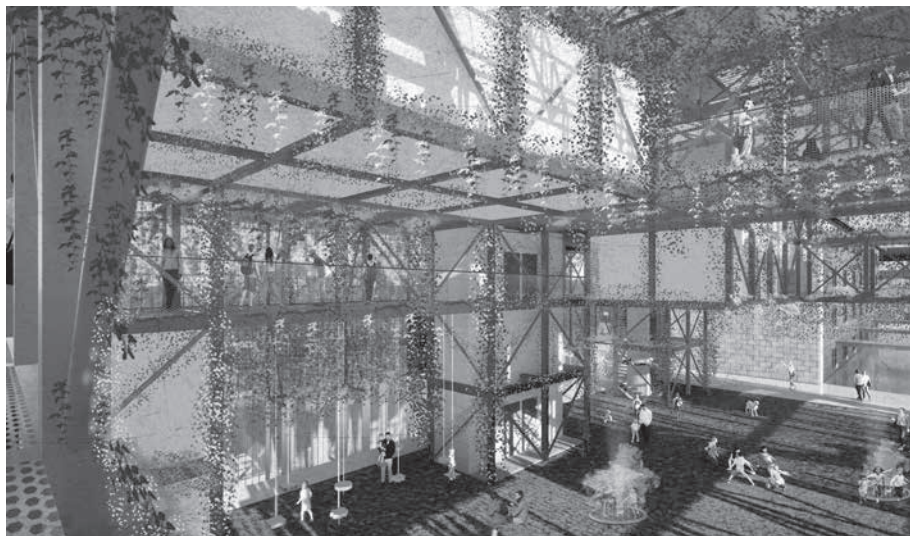
### Envolvente

En la cubierta se propone un gran manto verde soportado por una estructura liviana envuelta por la vegetación que produce espacialidades y atmósferas diversas (luz, sombra, aroma, humedad, etc). Se crea así una relación integral entre naturaleza, juego y salud para generar experiencias inolvidables en las personas.





Vista interior primer nivel.



Vista interior primer nivel.



Vista interior tercer nivel.





Entrevista al ingeniero Tomás Guendelman Bedrack, (TG) realizada el día 25 de noviembre de 2021 en su oficina de la comuna de Ñuñoa, por Ricardo Martínez y Aldo Hidalgo (AO).

En la edición 202 del año 2012 de la Revista INGENIEROS, Elías Arze Cyr retrata de modo preciso la personalidad de Tomás Guendelman. Destaca su gran sensibilidad y calidad humana, su valioso aporte a las numerosas generaciones a las cuales formó siendo profesor de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Chile así como su admirable contribución a la disciplina ingenieril. Escribe Elías Arze:

“Tomás Guendelman supo tempranamente combinar sus habilidades para resolver problemas importantes para el país, y me refiero particularmente a los terremotos, con las nuevas tendencias en el mundo relacionadas con las Tecnologías de la Información. Cuando no existían los computadores personales, él se transformó en un especialista en la unión de ambas áreas; enseñó, innovó, creó empresa y cambió para siempre la forma de diseñar edificios en Chile. El Instituto de Ingenieros, que hoy preside, reconoció este aporte otorgándole la Medalla de Oro 2009”.

Por nuestra parte, queremos resaltar el galardón decisivo que corona sus años de labor; el Premio Nacional Colegio de Ingenieros de Chile, 2015. No obstante, otras decenas de reconocimientos y medallas han acompañado su vasta actividad cotidiana, sean éstas desarrolladas en el plano de la docencia universitaria, en el de su oficina particular, en el de la dirigencia gremial o como socio de diversas instituciones nacionales. En todas ellas el profesor Guendelman se ha destacado, realizando una gran contribución intelectual apoyada en su visión humana. En efecto, sus estudios científicos (78), sus libros (7) y sus excelentes columnas en la revista INGENIEROS (68), dan cuenta no solo de su inagotable inventiva, sino también de su carisma sensible y generoso.

**AO:** Estimado Tomás, gracias por aceptar esta entrevista. Nos gustaría saber cómo nace su interés en la ingeniería sísmica.

**TG:** Sin entrar en mayores detalles de carácter autobiográfico, quiero señalar que, en 1960 cuando cursaba cuarto año de ingeniería, se desencadenó el mayor terremoto que registra la historia del planeta: el mal llamado “terremoto de Valdivia”, debiendo más bien conocerse como “el gran terremoto de Chile”. Dicho evento provocó una “explosión antisísmica” entre los estudiantes de ingeniería de la época en el país, y uno de los problemas más serios derivados de este terremoto fue la denominada “Epopeya del Riñihue”, que dio origen a la “Gesta del Riñihue”, misión destinada a evitar que la presa natural en la desembocadura de ese lago pudiera ceder, causando una tragedia de proporciones

en pueblos y ciudades situados aguas abajo.

La tarea fue liderada por el ingeniero Raúl Sáez, quien sugirió que se invitara a colaborar a los estudiantes de los cursos superiores de las facultades de ingeniería de las universidades de Chile y Católica. Me inscribí como voluntario, pero no tuve cupo debido al excesivo número de inscritos, casi todos ingenieros que, naturalmente, contaban con mayor preparación para cooperar en lo que fuera necesario. Sin embargo, la mecha quedó encendida, y cuatro años más tarde, ya titulado y con dos años de experiencia, hice realidad mis inquietudes e inicié mis estudios de postgrado en la Universidad de California, en Berkeley.

**AO:** ¿Cuéntenos cómo fueron sus primeros pasos en la disciplina?

**TG:** En julio de 1967, cuando recién me estaba acomodando en mi nueva posición laboral, en el Departamento de Obras Civiles (hoy de Ingeniería Estructural y Geodésica) de la Universidad de Chile, ocurrió que mientras se construía el Puente Huasco se derrumbó la estructura, debido a un andamio defectuoso. El ingeniero que había calculado el puente estaba siendo procesado por eventuales responsabilidades civiles y penales. En ese momento, desde el punto de vista estructural, se trataba de un problema complejo; por tanto, el ingeniero Santiago Arias, quien estuvo a cargo de la defensa del ingeniero estructural acusado, se contactó con especialistas con conocimientos actualizados sobre ingeniería estructural e informática. Este desafío fue asumido por el grupo que formábamos algunos ingenieros egresados de la Universidad de Chile:

René Luft, Jorge y Rafael Guendelman y yo. Este incidente dio origen a I.E.C (Ingeniería Estructuras Consultoría).

El cálculo y las herramientas disponibles en ese momento eran muy básicos, pero IEC tenía todo lo que se necesitaba para construir un modelo estructural de alta precisión.

Luego de realizar el análisis del problema, se liberó de responsabilidad al ingeniero estructural, pues se comprobó que la caída del puente se debió a una superposición de efectos simultáneos que no podían ser previstos y que no estaban contemplados en ninguna norma de diseño estructural. El informe de IEC fue aprobado por las autoridades locales y ayudó al acusado para lograr su absolución. A partir de ese momento, IEC comenzó a operar, enfocándose exclusivamente en cálculo sísmico.

En 1968, la nueva empresa llevó a cabo análisis estructurales y sísmicos de 21 de los 22 edificios del proyecto Torres San Borja. El trabajo se asignó a IEC porque los ingenieros de la empresa tenían la competencia necesaria para el correcto uso de herramientas informáticas modernas de escaso dominio en el país en esos tiempos.

Los resultados de estos análisis sísmicos se compararon con un ejemplo publicado en un libro escrito por Hurty y Rubinstein, relacionado con el análisis vibratorio de un edificio de 19 pisos, desarrollado por Rubinstein en su tesis doctoral.

Los resultados de IEC y de Rubinstein fueron idénticos, lo que derivó en la emisión de un certificado de la I. Municipalidad de Santiago, que señalaba que los procedimientos que realizara la empresa, utilizando su propio software, quedaban formalmente aceptados y aprobados por el gobierno de la ciudad.

Hoy, 55 años después del incidente del puente Huasco, IEC ha participado en la ingeniería de más de 15.000 proyectos habitacionales, industriales y de servicios públicos en todo Chile y el exterior; en Argentina, Bolivia, Ecuador y Venezuela.

**AO:** ¿Podría describir la realidad sísmica actual del país?

**TG:** Los terremotos destructivos asolan con frecuencia a los países situados en el borde del Océano Pacífico. Esta fre-



Figura 1. Hospital Militar. Aislador Basal. Fuente: Daniel Stagno.

cuencia es alta, del orden de un evento severo cada 5 a 10 años, de modo que, si no consideramos ello como una situación reiterada e indefinida, estaremos actuando de manera irresponsable e irracional.

En Chile se ha logrado comprender esta realidad. Luego del devastador terremoto de Chillán en 1939, que causó la muerte a un elevado número de habitantes de esa ciudad (sobre 20.000), no fue necesario especular mucho y la realidad dio lugar a una preocupación por la adecuación de normas y rigor en los procesos de diseño y construcción. Los frutos de este nuevo paradigma se han podido comprobar con el tiempo, en virtud de que cada nuevo terremoto en Chile provoca cifra de víctimas y de costos considerablemente más bajos que en el resto del mundo.

**AO:** ¿Qué lecciones ha dejado el terremoto de 2010?

**TG:** Hasta el 2010, la filosofía de diseño vigente en Chile (Norma NCh433. Of 96-modif.2009) se orientaba hacia la protección de la vida y, entre otras cosas, a lograr estructuras que resistan

sin daños los movimientos sísmicos de intensidad moderada, con daños limitados en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad y que, aunque presenten daños, eviten el colapso durante el evento sísmico de intensidad excepcionalmente severa. Señalaba, además, que la conformidad con sus disposiciones no aseguraba en todos los casos el cumplimiento de los objetivos antes mencionados.

Desde el punto de vista del diseño sísmico, debe modificarse la filosofía utilizada en la mayoría de las normas sísmicas, en las que hasta ahora se privilegia la protección de la vida y se considera que un diseño es exitoso si las estructuras no colapsan en sismos severos.

Una de las consecuencias de este terremoto se materializó en la modificación y actualización de la norma NCh433. La cual considera la preservación de la capacidad operativa de muchas viviendas e industrias, hecho que da un impulso a la confección de una norma específica para los elementos no estructurales los que, si bien estaban considerados en la Norma antes mencionada, en el proyecto estructural no se aborda con rigor el diseño, ni



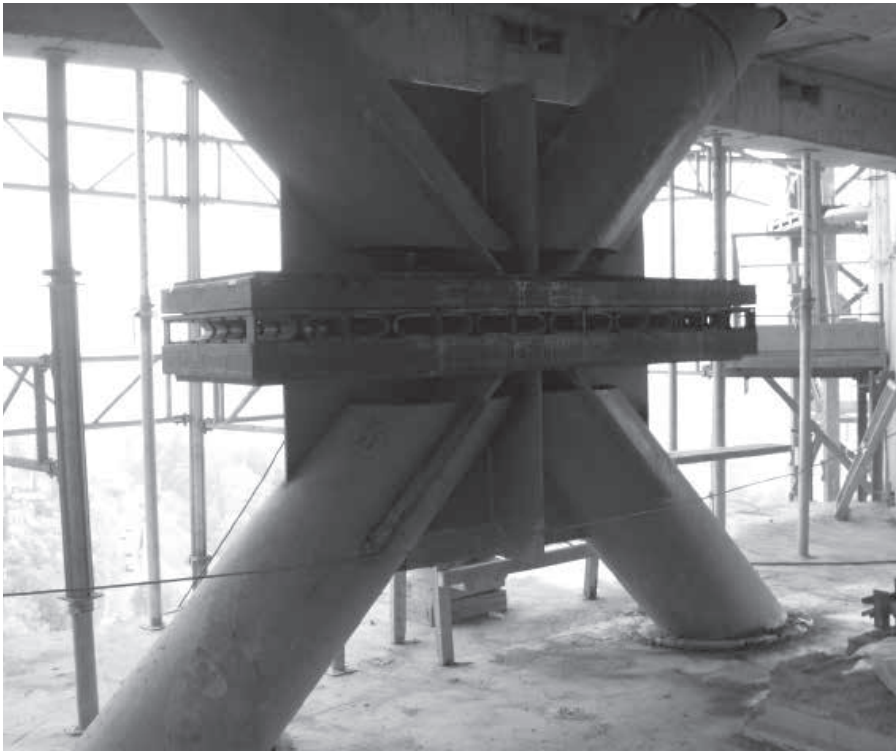


Figura 2. Edificio Titanium. Disipador de Energía. Fuente: Alfonso Larraín.

se realizan labores de revisión y control de la materialización de estos elementos.

Los mayores efectos del sismo del 27F se observaron en los elementos no estructurales, con daños directos e indirectos de gran consideración. Se estimó que en los elementos no estructurales los daños representaron el 70% del total. Si pensamos que en edificaciones no habitacionales, tales como industrias o aeropuertos, la falla del equipamiento técnico puede dejar fuera de operación a la industria o al aeropuerto, esto agregaría al costo directo el lucro cesante, lo que puede superar en varios órdenes de magnitud al directo.

**AO:** ¿Han habido cambios en la normativa para proteger estos elementos no estructurales?

**TG:** Como lo he señalado antes, se tomó conciencia de la necesidad de que ante sismos severos se deba mantener el carácter de habitabilidad de la vivienda. La norma NCh433 fue actualizada en varias oportunidades, con cambios muy importantes relacionados con los espectros de diseño y la caracterización del suelo, fundamentales para evaluar la

demanda sísmica. Sin embargo, son los elementos no estructurales los que dan vida y soporte operacional a la estructura en la que se encuentran emplazados. Los principales daños observados en este sismo, relacionados con elementos no estructurales, se manifestaron en ascensores, ventanas, tabiques, cielos falsos, equipos acondicionadores de aire, redes de incendio, suministros de agua, gas, electricidad, y un gran etcétera. Todos ellos pueden no ser necesarios para la seguridad de la estructura, pero su falla deja carencias significativas, especialmente cuando hablamos de ciudades densamente pobladas, en las que la magnitud de los daños en elementos no estructurales es muy significativa con relación al total de daños.

A partir de 2011 se inicia la tarea de creación de una norma para elementos no estructurales. En primera instancia, se creó la norma NTM (Norma Técnica MINVU) específica para el diseño sísmico de componentes y sistemas no estructurales, preparada por un comité convocado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Dentro de las principales novedades de esta normativa, destaca

el requisito de certificación de la integridad de las componentes y sistemas no estructurales, de sus anclajes y fijaciones.

Lo anterior se fundamenta en el hecho que, tal como lo indiqué anteriormente, cerca del 70% de los daños registrados correspondía a componentes no estructurales, quedando algunos edificios inoperativos por esta causa. Además, se establece el concepto de daño consecuencial, que obliga a que el daño de una componente no cause daño o falla a otra.

Superada la emergencia, en el 2015 el Instituto Nacional de Normalización oficializó la norma NCh3357, que establece los criterios mínimos de diseño sísmico para componentes y sistemas no estructurales, sus soportes y fijaciones a los edificios en que se encuentran instalados, criterios que deben aplicarse en conjunto con las Normas Chilenas de diseño sísmico estructural.

**AO:** ¿Cuáles deberían ser los nuevos desafíos en la construcción ante catástrofes provocadas por los terremotos?

**TG:** Desde el punto de vista del diseño sísmico, debe modificarse la filosofía utilizada en la mayoría de las normas sísmicas, en las que hasta ahora se privilegia la protección de la vida y se considera que un diseño es exitoso si las estructuras no colapsan en sismos severos.

Los nuevos conceptos apuntan a la incorporación de criterios orientados a la protección de los contenidos. En relación con esto último, y en particular para las viviendas, tal concepto significa que, ante sismos severos, se debe mantener la habitabilidad de la vivienda.

En los procesos de diseño y de construcción, resulta indispensable que se cuente con la participación de un revisor estructural, de comprobada competencia, capaz de dar una "segunda mirada" al diseño. Muchas veces el resultado de este ejercicio es menor, pero bastará con que se originen algunos hallazgos para que este mayor esfuerzo tenga muy ventajosas recompensas. Del mismo modo, y para garantizar la calidad de la construcción, debería incorporarse en la legislación, la obligatoriedad de contar con la participación de un Inspector Técnico de Obra (ITO).





Figura 3. Edificio Telefónica. Fuente: René Lagos.



Figura 4. Edificio Telefónica. Fuente: René Lagos.

**AO:** ¿Cómo debe ser la actitud de los países de alta exposición frente a sismos y a otros eventos naturales?

**TG:** Debemos admitir que, en los países de la costa del Pacífico, la vida debe contemplar la frecuente visita de diversos eventos naturales (mal llamados desastres naturales) que, en ausencia de mecanismos de protección, derivarán en desastres. Desde esa perspectiva, la vida cultural de estos países no debe ignorar la protección y propiciar la resiliencia.

Estimo que lo señalado es suficientemente importante como para pensar que

Ecuador, Perú, Colombia y Venezuela, entre otros, deben vigilar con frecuencia sus normas generales y, dentro de ellas, las disposiciones de diseño y sujeción de elementos no estructurales, al tiempo de establecer las exigencias de la materialización de los proyectos.

**AO:** Se escucha hablar del “Edificio Chileno” y perfil Bio-Sísmico. ¿A qué se refieren estos conceptos?

**TG:** La edificación en nuestro país salvó con éxito las demandas de los severos sismos de 1985 y de 2010. En especial, después del sismo de 1985, la comunidad

internacional elogió sin reservas el comportamiento de los edificios construidos en nuestro país, llegando a la exagerada denominación -con nombre propio- de “Edificio Chileno”.

El profesor Rodrigo Flores expresó que esto era el resultado lógico de concepciones estructurales sanas, a base de una alta densidad de muros de rigidez (Área de muros/Área planta) en todos los pisos, simetría resistente y reducida respuesta torsional. No obstante, junto con destacar estos aspectos positivos, manifestaba su preocupación por el



Figuras 5. Panorámica de diversos edificios altos en Santiago. Fuente: René Lagos.



Figuras 6. Edificios Costanera Center. En construcción. Fuente: René Lagos.

paulatino alejamiento que observaba de las sanas prácticas que habían conducido al reconocido éxito de nuestras construcciones, especialmente, cuando prevalecían consideraciones comerciales por sobre las de carácter técnico.

La afirmación del profesor Flores nos estimuló, a Jorge Lindenberg, a mi hermano Mario y a mí, a indagar en el tema y nos enfocamos en buscar indicadores que pudieran ser denominadores comunes del diseño de edificios de comprobado buen desempeño en sismos severos en el país. En una primera etapa, analizamos cerca de 600 edificios y dedujimos cuáles eran esos indicadores y entre qué rangos se movían. Estábamos identificando el ADN del Edificio Chileno.

Los resultados de ese primer estudio los publicamos en las Séptimas Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, La Serena, 1997, con el nombre de "Perfil Bío Sísmico de Edificios" que, a través de trece indicadores cuyos valores representan una estadística amplia de los edificios construidos en el país, permite ver si un determinado proyecto se ajusta a la métrica de los edificios chilenos. Es necesario advertir que el Perfil Bio Sísmico no es una norma y no excluye a otros procedimientos alternativos cuyo mérito no merece cuestionamiento. Los valores de los indicadores son relativos a los usos

y costumbres del diseño histórico de nuestros edificios.

El sismo de 2010 puso de manifiesto muchas de las deficiencias advertidas por el profesor Flores, lo que se tradujo en importantes modificaciones en las normas de diseño en hormigón armado y sismorresistente (Decretos Supremos 116, 117, 60 y 61). El balance global, sin embargo, mostró que, a pesar de todo, el comportamiento sísmico de los edificios construidos en el país mostraba resultados globales muy satisfactorios, medidos en cuantía del daño patrimonial y número de pérdidas humanas.

El Perfil Bío Sísmico tuvo en los últimos años dos nuevas versiones, extendiendo la base estadística a edificios de más de 40 pisos, los que no existían en el país en la década de los '80. La última versión, 3.0, extendió su base de datos a cerca de 8000 edificios y ratificó, en forma casi completa, los rangos de valores definidos para los indicadores en la versión original.

**AO:** Para terminar esta entrevista y apelando a su modo espontáneo de entreverar la seriedad y la simpatía, ¿nos puede contar alguna anécdota personal que haya vivido como ingeniero?

**TG:** Sí, a mediados de 1965, terminados mis estudios en Berkeley, fui contratado por la empresa T.Y.Lin y Asociados, para

su oficina de Los Ángeles. Me sentía muy importante y pensaba que me recibirían con "alfombra roja", pero ocurrió todo lo contrario. Me pusieron a cargo del jefe de dibujo de la compañía, Larry Martin, quien me dijo: "Joven. Su asignación para hoy consiste en aprender a escribir las letras del alfabeto. Partiremos con la letra a minúscula". Gastó media hora en pedirme que la escribiera, corregirme, volver a comprobar si correspondía al patrón tipográfico de la compañía, hasta que se sintió satisfecho. Acto seguido, me encomendó llenar unas diez páginas de cuaderno con la "maldita" letra, que en ese momento pasó a ocupar el primer lugar entre las cosas que aborrecía.

El resto de la semana lo dediqué a escribir todas las letras del abecedario, en minúsculas y mayúsculas, seguidas de los diez dígitos numéricos. Así, hasta llegar al viernes a mediodía, en que "me gradué". La ceremonia era muy formal, y en ella se me explicó que, independientemente de quien realizaba el trabajo, la empresa tenía un sello de presentación uniforme, en el que la caligrafía jugaba un rol muy importante. Al término de la ceremonia, mi adiestrador me dijo, con mucha humildad, "de ahora en adelante tu eres el jefe y yo tu colaborador".

**AO:** Muchas gracias profesor. 



**Atlas de Concursos 2008 - 2010.**

Autores: Escuela de arquitectura - Universidad de Santiago de Chile.

Editorial: Lom.

Páginas: 298

Año: 2021



Con un título que comienza con la palabra “atlas” se define no solamente la etimología de la misma sino una declaración de principios que queda plasmada en la primera hoja: Rigor – Investigación – estadística académica – diseño y pensamiento de una gráfica compleja y estudiada. No se trata solamente contar y mostrar los logros, es desglosar, ordenar y exponer de manera científica los premios obtenidos en los concursos donde se han presentado con los proyectos de los alumnos y profesores de pre grado. El libro tiene un mensaje claro e inequívoco “sabemos lo que estamos haciendo al igual que un diagrama de trayectoria solar”.

Tanto el prólogo como el texto tienen un diseño estratégico que vincula nuestra historia con los acontecimientos a partir de octubre de 2019. El llamado a concurso público y abierto como respuesta a la furia expresada en las calles, el diseño de artefactos tecnoestéticos y sus códigos, impactos y programas arquitectónicos resumen un proceso educativo y una mirada de escuela desde que se funda en 1993. Es un libro temporal que se transforma de inmediato y por su origen mismo de los concursos en un testimonio que trasciende y se transforma en un documento histórico para generaciones futuras.

El capítulo del académico Oscar Luengo “códigos” es notable y genial, su diagramación recuerda la de los juegos olímpicos de 1968 en México donde el presidente del comité organizador fue el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez, por primera vez se planteaba un programa integral de identidad olímpica mediante figuras que representaban a cada una de las disciplinas. Esto se lleva a la portada del libro donde cada proyecto es identificado con 9 nomenclaturas y un símbolo gráfico individual e identitario, se suma una ficha técnica – estética – gráfica, simple de leer y compleja en su contenido. A lo anterior se le incorpora una estadística profundidad y con un elaborado desarrollo que solamente se ve en los procesos de acreditación universitaria donde se exponen las “evidencias” para respaldar y validar la malla curricular.

Un libro con dos velocidades de lecturas; los proyectos de manera rápida, el desglose de estos y una explicación de cada uno que sumados hacen la unidad que permite que se valide la palabra y el título de libro ATLAS. Colección de cartografías – colección de logros, que se traducen en proyectos.

Este libro expone 27 proyectos a dos hojas cada uno de los cuales se desarrollan seis de ellos en profundidad. En cada uno de los casos la elaboración de los contenidos para mostrar las dimensiones arquitectónicas da cuenta de un libro absolutamente vinculado a la arquitectura utilizando: renders, planos, isométricas, detalles constructivos, y escantillones que permiten un entendimiento cabal del proyecto y con ello transformarse en un libro de conocimiento duro y no simplemente testimonial. Por citar un ejemplo; en los treinta y cinco años que lleva desarrollándose el concurso nacional de la Compañía de Aceros del Pacífico, CAP, la escuela ha ganado cinco de ellos y de estos, tres de manera consecutiva, algo inédito en la educación chilena.



Hoy estamos frente a un documento de valor educativo, histórico y lo más importante, de orgullo para sus profesores, estudiantes y egresados, donde sus logros quedan documentados y con ello validados y reconocidos. Un libro que tiene una impresión impecable, de buen tamaño y que permite entender los proyectos dando cuenta de las atmósferas de cada concurso. Con un cuidado enfoque didáctico y objetual, lo transforman en un objeto deseable y por sobre todo una joyita literaria en cualquier biblioteca universitaria y privada.

Dr. Pablo Altikes Pinilla.  
Universidad de Sevilla. España.

### **Desde la Ciudad.**

Editor: Rodrigo Vidal Rojas.  
Editorial: Universidad de Santiago de Chile.  
Páginas: 352  
Año: 2021

¿Qué entendemos a día de hoy por Ciudad? La pregunta que plantea Rodrigo Vidal Rojas, editor y coautor del libro "Desde la Ciudad. Pensar, diseñar y producir la ciudad del mañana", es la semilla de esta edición que en doce capítulos reúne la mirada de diversos profesionales vinculados al ejercicio, docencia e investigación de la ciudad en torno a los ámbitos del urbanismo, la arquitectura y las ciencias sociales. Una semilla que si bien se siembra en un terreno de incertezas y ambigüedades al otear lo concebido a lo largo de la historia, crece sin embargo guiada por la luz de la invitación que supone partir de un desde superando el hacia.

Proyectar la ciudad del mañana Desde la Ciudad significa experimentar con los cinco sentidos lo que construiremos a partir de la comprensión del todo y sus partes en el ahora. Lo que antes fue una visión omnipresente y aséptica de los proyectistas sobre el plano, se desdibuja y reconfigura al desafiar la experiencia urbana al dibujo. Son por consiguiente el ciudadano, tanto en sus maneras de habitar como de relacionarse con sus pares, junto a la ciudad en sus múltiples formas, el motor de las teorías desarrolladas al interior de este libro.

Esta renovada aproximación a la lectura de la ciudad abordada desde la memoria, la disrupción y la gran escala, tiene como objetivo indagar en las manifestaciones de lo urbano sin perder de vista la crítica como premisa sobre los métodos de producción futura, todo con el fin de obtener un equilibrio entre sostenibilidad y calidad de vida atendiendo al amplio significado de los conceptos.

Arq. Abril A. Monserrat A.  
División de Infraestructura y Transportes. Gobierno Regional Metropolitano de Santiago.





1 TALLERES DE ARQUITECTURA



2 MISCELÁNEA



3 ITINERARIOS



4 APROXIMACIONES



5 CONVERGENCIAS



6 EL OFICIO



7 TRAZAS



8 CONTINUIDAD Y RUPTURA



9 EL ESPACIO DE LA HABITACIÓN HUMANA



10 LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA



11 LA TÉCNICA



12 EL DIBUJO



13 CATÁSTROFE Y EMERGENCIA



14 PATRIMONIO Y PREEXISTENCIA



15 OFICIO Y TEORÍA



16 CIUDAD Y COYUNTURA



17 DISEÑO SISMORRESISTENTE

ARTEOFICIO es una revista editada por la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Santiago de Chile. Nace el año 2000 con el propósito de explorar y difundir el aprendizaje, el quehacer docente y la investigación realizada en la escuela por sus estudiantes y académicos. Hoy, es de acceso abierto como puente de diálogo con el ámbito externo. Un lugar de reflexión y de propuestas sobre el arte, la técnica, la arquitectura, el diseño y el urbanismo.

#### Modalidades de publicación:

Los escritos presentados a consideración del Comité Editorial y de los evaluadores externos, deben ser originales e inéditos, reservándose ARTEOFICIO los derechos de publicación y reproducción del contenido parcial o total de los mismos, de acuerdo a cada sección de la revista.

En la sección EXPLORACIONES y DIDÁCTICA (recientemente incorporada), los trabajos presentados son arbitrados por pares evaluadores, según la modalidad de doble ciego. En esta sección se pueden presentar:

- Artículos (A): Trabajo de investigación original de carácter tecnológico, artístico o humanístico (3300 palabras máximo).
- Ensayos (E): Escrito de carácter argumentativo sobre temas tecnológicos, artísticos o humanísticos (3300 palabras máximo).

En la sección APLICACIONES, ENTREVISTAS y RESEÑAS de libros, los trabajos pueden ser arbitrados por pares evaluadores externos como por el equipo editorial.

En APLICACIONES se pueden presentar:

- Proyectos realizados (PR).
- Proyectos de Concursos (PdC).
- Proyectos de estudiantes (PdE).

En ENTREVISTAS se pueden proponer los nombres de distintos personajes del ámbito de la cultura y de la sociedad en general, de acuerdo a la postura abierta de esta publicación.

En RESEÑAS se acepta la presentación breve de un libro atinente con los objetivos y temas propios de la revista.

#### Normas de presentación de los trabajos:

Título, resumen y palabras clave (3) en idioma castellano e inglés obligatorio. Resumen de 150 palabras. Ensayos, artículos y entrevistas de 3000 palabras, El trabajo completo no debe superar las 3300 palabras. Memorias de proyectos 1000 palabras. Reseñas de libros 300 palabras. Las imágenes deben enviarse en archivo aparte, además de colocadas en orden en el cuerpo del texto. Fotos e imágenes en formato Tiff, 300 dpi. Tamaño mínimo 10x15 cms con numeración, descripción y fuente autorizada. Las notas serán breves puestas al final del texto. Referencias bibliográfica APA.

#### Enlace OJS de la Universidad de Santiago:

<http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/arteficio/issue/current>

#### Los trabajos deberán remitirse a:

Ediciones **ao**: [arteficio@usach.cl](mailto:arteficio@usach.cl)  
Escuela de Arquitectura, Universidad de Santiago de Chile.  
Alameda 3677- Estación Central, Santiago, Fono (56-2) 7184304.

Próximo número:

ARTEOFICIO Nº 18. TEMA LIBRE.

Agradecemos la participación como revisores de artículos a los siguientes académicos:

**Max Aguirre.** Facultad de Arquitectura, U. de Chile.

**Pedro Ignacio Alonso.** P. Universidad Católica de Chile.

**Silvia Andorní.** Facultad de Arquitectura, U. de Concepción. Uruguay.

**Virginia Arnet.** Escuela de Arquitectura, U. Mayor.

**Hernán Barría.** Escuela de Arquitectura, U. del Bío-Bío.

**Glen Deulofeu.** Escuela de Arquitectura, U. de Talca.

**Alvaro Gueny.** Escuela de Arquitectura, U. de Santiago.

**Giuliana dos Santos Paz.** Escuela de Arquitectura, U. de Santiago.

**Daniel Escobar.** Escuela de Arquitectura, U. de Santiago.

**Jorge Lobiano.** Escuela de Arquitectura, U. de Santiago.

**Patricia Méndez.** Escuela de Arquitectura, U. del Bío-Bío.

**Fidel Meraz.** University of the West of England.

**Carlos Muñoz.** Escuela de Arquitectura, U. de Santiago.

**Rodrigo Aguilar.** Escuela de Arquitectura, U. de Santiago.

Registro Propiedad Intelectual  
Nº116018  
ISSN Versión Impresa: 0717 - 5590  
ISSN Versión Electrónica: 0718 - 9362



Contacto:  
[www.arquitectura.usach.cl](http://www.arquitectura.usach.cl)  
[www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/arteficio](http://www.revistas.usach.cl/ojs/index.php/arteficio)  
Email: [arteficio@usach.cl](mailto:arteficio@usach.cl)  
Alameda 3677 - Estación Central  
Teléfonos: +56 22 7184303 - +56 22 7792732  
SANTIAGO - CHILE

VALUS Impresiones. Tapa y Contratapa en papel couche 280gr. Interior bond ahuesado de 80gr. Tipografía OpenSans.



