

“El objetivo final de un edificio bien construido es que sea seguro y le dé confort a sus ocupantes.

Si durante un terremoto ellos deben escapar bajo una lluvia de cielos falsos que caen, sortear muebles que se mueven, desplazarse por corredores y escalas sin luz, alcanzando la calle bajo antetechos, quebravistas, vigas, vidrios que caen de lo alto, entonces, no puede decirse que la estructura sea segura y antisísmica”.

(“Architects and Earthquakes”, National Science Foundation. Research Applications).

anatomía de un sismo

Vivir con el Sismo

Arquitecto ABRAHAM SCHAPIRA S.

UNA CONCIENCIA SISMICA

Según estadísticas y registros largamente comprobados, en Chile hay un terremoto castastrófico cada 80 años, un sismo con daños considerables cada 5 años, temblores inquietantes de gran frecuencia y movimiento imperceptible en forma permanente.

Esta condición es no solo insoslayable y al margen de toda acción humana sino parte substancial de nuestra propia naturaleza, como la geografía o el clima. Nada podemos hacer por evitarla, ni siquiera preverla. Por tanto, solo nos queda una actitud única y sin alternativa: aprender a vivir con el sismo.

Obligación válida para todo chileno, de cualquier edad y condición, pero particularmente significativa por las consecuencias de su quehacer, para arquitectos, ingenieros, industriales, trabajadores y demás gremios relacionados con la construcción.

A pesar de la obiedad de las afirmaciones precedentes, los arquitectos, a quienes nos corresponde la más alta cuota de responsabilidad en la materia, (mayor que la del calculista, al contrario de lo que el público cree) hemos avanzado muy poco o casi nada en cuanto a reflejar una conciencia sísmica en el diseño.

El hecho contrasta con el avance de la ingeniería, que en los últimos 20 años asimiló a sus técnicas de cálculo sísmico nuevas y más perfeccionadas normas, conceptos de mecánica de suelos, modelos estructurales computarizados, etc. Tampoco se aviene con el progreso internacional de la ingeniería de construcción en hormigón armado mecanización de procesos y prefabricación.

El atraso comparativo de nuestra disciplina merece en este momento, en que intentamos extraer algunas lecciones a partir del desastre, la más cuidadosa atención. Ante todo, tiene que ver con la pobreza de formación técnica y práctica que caracteriza como un tópico la enseñanza de la arquitectura en las escuelas chilenas, particularmente, en el momento actual, dominado por conceptos esteticistas.

Lo señalado trasciende, sin embargo, el campo pedagógico hacia un fenómeno colectivo cultural. Es nuestra tendencia de transculturación; proclive a la adopción frívola e indiscriminada de modelos y patrones de diseño provenientes de llamativas corrientes, personalidades, teorías y modas de la arquitectura internacional. Por lo general, se trata de formalidades que cautivan al arquitecto y se extienden con facilidad en el campo académico, para proyectarse en seguida, a la práctica profesional.

Nunca nos dimos el trabajo de meditar en que las condiciones geográficas, climáticas y sobre todo, sísmicas, que originaron esos modelos nada tienen que ver con nosotros, cuando no son francamente contradictorias con esta realidad. Tampoco los condicionamientos económicos y tecnológicos necesarios para ejecutar algunos de esos diseños están disponibles aquí. Y aunque por situaciones coyunturales, en un momento dado, los podamos realizar, tarde o temprano la naturaleza dejará en descubierto sus debilidades.

Los ejemplos son innumerables y no solo recientes. Desde el siglo pasado, en que la aristocracia criolla encargó a los arquitectos de sus villas y palacios modelos neoclásicos, paladianos, afrancesados, barrocos y mudejares, pasando más tarde por Le Corbusier y la arquitectura modernista, orgánica, brutalista, americana o japonesa y rematar hoy el ciclo en el post-modernismo italiano o inglés no hacemos más que asimilar con la mayor inconsciencia, las modas del día. Entretanto, no hemos sido capaces de desarrollar, a partir de pocos y nobles ejemplos disponibles, diseños vernaculares que expresen nuestra identidad en muchos aspectos, el sísmico en particular.

De las variadas consecuencias que se derivan de esta insuficiencia, nos interesa consignar aquí que las contradicciones sísmicas emanan de la base compositiva y distribucional del diseño, que es anterior a la concepción de la estructura, al cálculo sísmico y a la construcción. Lo llamaremos "el partido arquitectónico formal".

EL DISEÑO ESTRUCTURAL

Es indudable que el partido arquitectónico formal condiciona fuertemente, cuando no determina del todo, el diseño estructural o concepción de la estructura y, consecuentemente, el cálculo de ella. De ahí que, muy a menudo, un deficiente diseño estructural no puede achacarse al ingeniero calculista, porque viene prefigurado en el proyecto de arquitectura.

Alguien podría confiar en un remedio ético como sería exigir del ingeniero que ha captado la ineficiencia sísmica del proyecto, una posición de rechazo o drástica modificación. Sin embargo, puesto que cualquiera lucubración es sustentable sobre el terreno con las técnicas del cálculo, no faltará algún profesional más "progresista" dispuesto a colaborar con el arquitecto. Tengamos en cuenta las presiones económicas, de vanidad profesional y de otros órdenes, que se generan en torno de este trabajo competitivo.

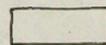
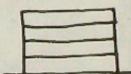
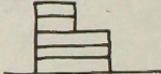
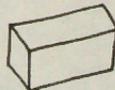
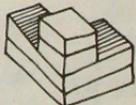
Entre otras presiones, en un plano totalmente diverso, debemos mencionar la nueva tendencia nacional que consagra la dependencia y atadura del arquitecto a la empresa constructora. A su vez, ésta última vive de contratos adjudicados a valores irrisorios, para proyectos que luego se ejecutan sin fiscalización alguna. Sus resultados han quedado al descubierto en los experimentos más o menos irresponsables en edificios de tres y cuatro plantas en albañilería armada.

El fundamento de una solución real a tales problemas es que el arquitecto posea una conciencia sísmica tan aguda y sensible que no le permita caer en error o en tolerancia culpable. Esta actitud, basada en sentido común y sólido conocimiento estructural debería llevarle a incorporar al partido arquitectónico un adecuado y lógico esquema distribucional de elementos resistentes, de masas y espacios, llenos y vacíos. De este modo, el buen diseño de la estructura, primera y fundamental condición de la asismicidad tendrá que fluir naturalmente del proyecto, sin contradicciones ni concesiones.

CONDICIONAMIENTOS DE UN BUEN DISEÑO ESTRUCTURAL

Muy esquemáticamente, pasemos revista a lo que los estructuralistas consideran un "buen diseño". Sus características se pueden resumir en las siguientes:

- SIMPLICIDAD FORMAL. Condición geométrica de diferentes grados o escalas formales de simple a complejo, en planta, en elevación o en volumen. (Véase diagrama)

CLASIFICACION DE LOS ESQUEMAS ESTRUCTURALES SEGUN SIMPLICIDAD FORMAL		
	ESQUEMAS SIMPLES	ESQUEMAS COMPLEJOS
PLANTA		
ELEVACION		
VOLUMETRIA		

- ESTABILIDAD. Relación de esbeltez: base-altura
- CONTINUIDAD. Continuidad lineal de transmisión de cargas y esfuerzos sísmicos, tanto en sentido horizontal como vertical.
- SIMETRÍA. Equilibrio de elementos estructurales alrededor del centro de gravedad para minimizar torsiones.
- EQUILIBRIO AXIAL. Densidad equivalente de elementos sísmicos para ambos ejes ortogonales.
- PROPORCIONALIDAD. Relación longitud-altura de los elementos sísmicos: pilares-muros-dinteles.
- DENSIDAD. Relación correcta o suficiencia entre el área de muros y pilares sísmicos y el área total y/o peso del edificio.
- DISTRIBUCIÓN DE HUECOS. La relación vanos-lleos en las placas verticales (muros) y horizontales (losas).
- INDEPENDENCIA. Liberación de la estructura de todo elemento extraño (no estructural) que la penetre o se apoye rigidamente en ella.

Como puede verse, la mayor parte de estos factores vienen establecidos en el partido arquitectural, son una característica o una consecuencia del mismo y su grado de variabilidad posterior, bastante limitado.

LAS ORDENANZAS

No todas las fallas de diseño estructural se originan en la mesa de dibujo. Algunas son anteriores y dependen de la Ordenanza General de Construcciones u Ordenanzas locales, cuyas normas tampoco revelan una "conciencia sísmica", sino más bien lo contrario. Señalemos algunas:

- El sistema de rasantes que origina muros oblicuos y discontinuidad estructural a partir de cierta altura. El tema fue ya sugerido en AUCA 48: "Rasantes, un error convertido en estilo".
- Las disposiciones que prohíben viviendas en planta baja, con el objeto de liberar el suelo para jardines o estacionamientos. Obligan a minimizar elementos sísmicos (muros) en la parte inferior más solicitada de la estructura.
- Las escaleras estancas en edificios de altura, tubos de escape ideados pensando en el incendio, pero olvidando el sismo, cuyo esfuerzo deformará los marcos de pesadas puertas, metálicas que pueden quedar trancadas clausurando la única salida del usuario.
- Los límites de superficie habitable dispuestos por el DFL 2, dentro de los cuales se computa el área de muros, pilares y tabiques, condición ésta que presiona el diseño hacia una máxima diafanidad, lo que va a aumentar el área habitable, en perjuicio de la rigidez.

Estos y muchos otros ejemplos que puede señalar la experiencia del arquitecto en su oficio de diseñar, revela que nuestra legislación, más allá de algunas normas de resistencia de materiales carece a su vez de toda motivación al sismo.

¿COLAPSO O PANICO?

Ya hemos afirmado que la preocupación del calculista es dar al proyecto, por audaz que parezca, una estructuración que asegure razonablemente la estabilidad del edificio. De hecho, esto se ha conseguido bajo las actuales normas sísmicas. Lo demostró el último terremoto en el cual, muy excepcionalmente se colapsaron estructuras de ejecución reciente y cuando ocurrió, fue atribuido más bien a fallas de construcción o de subsuelo que a errores de cálculo. En este aspecto, es útil recordar que no todos los elementos de una estructura son sísmicos, pero todos reciben y transmiten solicitaciones límites, llegado el caso; lo que explica la existencia de tantas grietas estructurales no comprometedoras.

Sin embargo, esta constatación no puede tranquilizar al arquitecto, cuyo objetivo, se supone, va más allá de la seguridad básica, hacia metas de bienestar y calidad de vida de los habitantes.

El grado 6 a 7 de la escala Richter, parece ser el límite a partir del cual comienzan nuestras preocupaciones, aún cuando las del calculista se sitúan más arriba de la misma escala.

La intensidad de vibración y oscilación en edificios de altura —seguramente bien estructurados— la destrucción más o menos dramática de estucos y tabiques, el polvo, el desplazamiento de muebles y artefactos, el ruido, el estallido de cristales y objetos frágiles y todo cuanto de terrorífico acompaña al sismo a esas alturas, deja una huella psicológica imborrable, además de las inevitables secuelas económicas. Para no hablar del riesgo indirecto, condicionado por el pánico, las reacciones irracionales, el choque, la caída, el infarto, etc.

Sin embargo, todo lo señalado cae dentro del rango de buen comportamiento estructural. La cuestión es, entonces:

Si el colapso de la estructura no constituye el límite de seguridad aceptable para nosotros, ¿dónde lo situamos? He aquí un tema de reflexión abierto ante arquitectos e ingenieros que, pese a su interés y trascendencia ha merecido mínima atención.

EL COSTO DE LA SEGURIDAD

Muchos comparten la opinión de que si no se ha desarrollado adecuadamente, es por razones económicas: "La fijación de un coeficiente de seguridad que evite no solo la destrucción de un edificio sino sus daños superficiales e incluso el susto de sus moradores, no es un problema técnico sino financiero". En otras palabras, tanto la estructura como sus acabados y cerramientos se pueden acercar a condiciones antisísmicas óptimas a riesgo de un costo extremadamente alto.

Siendo nuestro país endémicamente débil de recursos y con un déficit habitacional que rebasa el millón de unidades (entre otras razones, por causa del último sismo), qué sentido tiene invertir más dinero en mejorar asismicidad más allá de la seguridad estructural básica, supuesta por la norma?

No estamos preparados para refutar dichos supuestos, ya que nadie ha investigado el aumento de costo que implica rigорizar coeficientes de cálculo o técnicas de construcción o incorporar nuevos dispositivos de diseño, frente a los que se originan de reconstruir, reparar lo dañado, reponer cristales y vajillas, recuperar psíquicamente a la gente choqueada, etc. Es difícil que pudiera hacerse semejante evaluación, pero sí es posible interponer algunas dudas:

En primer lugar, los coeficientes de cálculo, aplicados a diferentes sistemas constructivos, no son valores absolutos, sino parámetros en permanente revisión, principalmente, por la evaluación de los resultados de cada experiencia. En ellos, intervienen valores como la aceleración prevista al sismo, que suelen dar sorpresas, como ha ocurrido con el último terremoto, las que, sin duda, llevarán a límites más rigurosos, sin que nadie se preocupe de la incidencia económica del cambio, sino, simplemente, de la evidencia registrada.

Reforzando lo anterior, algunos edificios importantes diseñados bajo normas estructurales tradicionales, si bien no peligraron en su estabilidad ni ocasionaron pérdidas humanas, registraron tales daños estructurales y superficiales que quedaron inhabitables. Este hecho obliga, al menos, a revisar la idea de que estamos operando con un coeficiente de seguridad aceptable.

Un factor altamente relativo de cara a este concepto es el de la construcción, materiales y tecnología en uso, grado de control, confiabilidad técnica de ejecución. Un coeficiente de seguridad tiene mucho que ver con ello, puesto que el afinamiento de las normas hacia límites teóricos sólo es compatible con un grado suficiente y asegurado de optimización constructiva. ¿Cuál es nuestra realidad en ese aspecto? ¿Cómo varía entre la metrópoli, la provincia y el villorrio lejano?

En síntesis, volviendo a nuestra idea central:

El problema no parece ser variar un guarismo más o menos en los coeficientes matemáticos del cálculo de estructuras ni tampoco es esto lo más significativo en términos de economía, seguridad o bienestar.

La respuesta es una conciencia sísmica colectiva de la población, cuya contraparte ha de ser la de sus técnicos especializados en la construcción y, en particular, de sus arquitectos. Que haga posible seleccionar e imponer los sistemas constructivos más adecuados a cada región sísmica del país y a cada condición de suelo (temas sobre los cuales aún sabemos muy poco). Que, a partir de ello sean diseñados patrones arquitectónicos limpios, austeros, lógicos y sin pretensiones, estrictamente adaptados a las formas de trabajo, fatiga o destrucción que se les conoce. Solo de estos partidos surgirán esquemas estructurales apropiados, buenos diseños sísmicos, adaptables al cálculo y a la construcción bajo sus formas más convencionales y a las expectativas de seguridad más rigurosas.

No es preciso ir muy lejos a buscar estos modelos de trabajo, puesto que se hallan presentes en la tradición histórica y cultural de la arquitectura a lo largo de las diferentes regiones del país con sus variantes de producción, recursos y naturaleza. Para ello, sólo se requiere volver la mirada hacia lo nuestro.