

## El conocimiento teórico y la evidencia empírica en el desarrollo de los reglamentos de construcción

**Luciano Roberto Fernández Sola**

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco

[lrfs@azc.uam.mx](mailto:lrfs@azc.uam.mx)

---

### Resumen

El desarrollo de reglamentos, códigos o normas de construcción que involucran al diseño sismorresistente es sumamente complejo debido a las pocas posibilidades que hay para valorar su efectividad. Los sismos, con las intensidades consideradas en las normatividades, son fenómenos que no se presentan de manera frecuente. Los códigos de diseño deben utilizar el conocimiento más avanzado disponible para disminuir las afectaciones ante un eventual sismo. Sin embargo, las nuevas teorías y desarrollos se fortalecen ante su comprobación empírica en condiciones reales, lo cual impone retos importantes a su integración en los cuerpos normativos. Algunos de estos retos se discuten en este trabajo.

### Palabras clave

Códigos de diseño, diseño sismorresistente, conocimiento teórico y empírico.

---

### Abstract

The development of building regulations for earthquake resistant structures is very complex due to the limited possibilities of assessing their effectiveness. High intensity earthquakes are not common and the possibilities to observe the behavior of the structures under its effects are limited. Building regulations should use the latest and most advanced knowledge available to reduce earthquake damage and their effects. However, new theories and design need empirical verification in real conditions which brings important challenges once they are incorporated in buildings regulations. Some of these challenges are discussed in this paper.

### Keywords

Building codes, earthquake resistant structures, theoretical and empiric knowledge.

---

Cómo citar este artículo:

Fernandez, L. (2023). El conocimiento teórico y la evidencia empírica en el desarrollo de los reglamentos de construcción *Azcatl. Revista de divulgación en ciencias, ingeniería e innovación*, 1 (14-17).

El objetivo primordial de los reglamentos, normas y códigos de construcción es establecer los requisitos mínimos necesarios para asegurar el comportamiento adecuado de la infraestructura ante las diversas acciones a las cuales pueda estar sometida a lo largo de su vida útil. El término *comportamiento adecuado* puede resultar ambiguo y se presta a diversas interpretaciones. En el sentido más general, se puede considerar como comportamiento adecuado aquel que asegure la vida humana, que en el caso de la infraestructura está asociado primordialmente a evitar los colapsos. En un gran número de códigos y reglamentos de diseño se reconoce explícitamente este objetivo, abriendo la posibilidad de que la infraestructura, sobre todo en las edificaciones, pueda desarrollar daños ante condiciones de carga extrema, siempre y cuando no colapse. En México, como en muchas partes del mundo, la condición de carga más extrema a la que suelen estar sometidas las edificaciones son los efectos de los sismos. Las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo del Reglamento de Construcciones de la Ciudad de México (NTCS-20) definen como comportamiento adecuado cuando:

1. bajo sismos que pueden presentarse varias veces durante la vida de la estructura, se tengan, a lo más, daños que no conduzcan a la interrupción de la ocupación del edificio, y
2. bajo el sismo en que se basa la revisión de la seguridad contra colapso según estas normas, no ocurran fallas estructurales mayores ni pérdidas de vidas, aunque pueden presentarse daños y/o deformaciones residuales de consideración que lleguen a afectar el funcionamiento del edificio y requerir reparaciones importantes.

Esta definición del comportamiento adecuado de las edificaciones no está exenta que, ante sismos que puedan ocurrir una vez durante la vida útil de la edificación, los daños esperados en ésta sean mayores, de tal manera que puedan llevar a la necesidad de desocupar el inmueble e incluso a la decisión de que debe ser demolido. Las opiniones sobre los criterios establecidos como compor-

tamiento adecuado son diversas. Hay quienes argumentan consideraciones económicas y de optimización de recursos, defendiendo que el diseñar para evitar daños en sismos muy intensos es financieramente inviable y dejaría fuera del mercado a un alto porcentaje de la población. Otro punto de vista es que, ante la incertidumbre inherente al tamaño de las fuerzas que se pueden llegar a producir en los sismos, la única opción técnicamente viable de diseño es el controlar la manera en que las estructuras se dañan para evitar que se colapsen. Asimismo, existen visiones intermedias entre ambas opiniones que han sustentado el diseño sismorresistente desde los años 70.

No obstante, independientemente de las razones por las cuales las filosofías de diseño ante sismo han tomado el camino de permitir los daños en las estructuras, la realidad es que a nivel mundial la gran mayoría de reglamentos y códigos de diseño coinciden en la misma definición de comportamiento adecuado. En los últimos años, a la luz de los retos sociales y económicos impuestos por los daños extendidos provocados por los sismos, se ha puesto en el centro de la discusión la conveniencia de utilizar esta definición.

Entonces, la pregunta que surge es: ¿por qué es tan complicado, ya sea desde el punto de vista técnico o económico, poder diseñar las edificaciones para contener los daños al mínimo? La respuesta está íntimamente asociada con las limitadas posibilidades de observar empíricamente, en condiciones reales, los efectos de los sismos en edificaciones a escala real. Existe una relativa baja frecuencia de ocurrencia de sismos que tengan efectos en zonas con un inventario suficiente de edificaciones para poder validar o contrastar las diversas hipótesis y teorías asociadas con el comportamiento sísmico de las estructuras. En la propuesta de actualización de la Norma Técnica Complementaria para Diseño por Sismo (NTCS-23), se define que los sismos para los cuales se revisa que las edificaciones sufrirán daños menores son aquellos que estadísticamente se presentan con una periodicidad menor a uno cada 20 años. Esto significa que tenemos una oportunidad cada 20 años de valorar si efectivamente las edificaciones diseñadas conforme a los reglamentos no sufrirán daños. Si se quiere valorar el comportamiento de

las estructuras ante condiciones extremas y, por lo tanto, validar si los criterios normativos han alcanzado el nivel de comportamiento aceptable, se deberán observar los efectos de eventos sísmicos que estadísticamente ocurren con una periodicidad menor a uno cada 250 años.

Los eventos de gran magnitud, como los sismos de 1985, han impulsado el desarrollo científico y tecnológico en México en torno al diseño sismorresistente. Es inevitable e indudable como estos sucesos traumáticos para la sociedad funcionan como catalizadores en la evolución tanto del conocimiento como de la conciencia social alrededor de las afectaciones. Por otro lado, la poca frecuencia con que se presentan obliga a que el avance del conocimiento no se limite solamente a la evidencia empírica, sino que debe sustentarse fuertemente en el estudio teórico y experimental del comportamiento de los sistemas estructurales ante condiciones sísmicas, pues la sociedad no puede aceptar que los códigos de diseño, establecidos para proteger su seguridad, solamente se actualicen a la luz de la evidencia de los daños o al buen comportamiento de las edificaciones cada que suceda un sismo.

Sin embargo, el introducir conceptos, procedimientos y requisitos basados solamente en los estudios teóricos y experimentales puede no ser suficiente. Asimismo, se requiere un alto nivel de compromiso y responsabilidad por parte de aquellos que integran este tipo de documentos normativos, dado que sus decisiones tendrán implicaciones en el nivel de seguridad de la sociedad y en los costos asociados con la adquisición de los inmuebles. Esto pone a todos los actores que intervienen en el proceso de diseño y construcción de las edificaciones en una posición muy compleja con dilemas difíciles de superar en muchos casos.

Existe un sector de profesionales que ha planteado que es necesario integrar los conocimientos más actuales en los cuerpos normativos, para así adelantarnos a las posibles consecuencias de eventos futuros, aun cuando no se haya tenido oportunidad de valorar de manera empírica, en condiciones reales, si estas teorías son válidas o no. Opinan que sería imperdonable que teniendo evidencia teórica y experimental de algunos efectos, aun cuando no hayan sido observados y valorados fehacientemente

te en un evento sísmico, no sean tomados en cuenta en los diseños futuros.

Por otra parte, otros especialistas consideran que no hay razón para integrar efectos que, aun cuando se hayan planteado y sustentado desde el punto de vista teórico y experimental, no se han observado en el comportamiento de las estructuras sometidas a sismos reales. Que el integrar estos requisitos o consideraciones de manera normativa y obligatoria sería un tanto irresponsable y poco sustentado.

Desde el punto de vista del autor de este trabajo, establecer un punto medio y un equilibrio entre ambas posturas es fundamental para dotar a la sociedad de un nivel de seguridad adecuado y asegurar el comportamiento aceptable que se ha definido en los cuerpos normativos. Sin embargo, el logro de dicho equilibrio es sumamente complejo y requiere de una discusión muy profunda y madura en la que intervenga un gran número de profesionales con amplia experiencia. Esta discusión debe permitir, por medio del conocimiento colectivo, establecer aquellos requisitos normativos que sean razonablemente adecuados y reflejen el nivel actual de conocimiento para el beneficio de la sociedad.

Un ejemplo de esta sinergia entre las experiencias vividas en los eventos sísmicos y la reflexión profunda de los preceptos teóricos utilizados para el diseño sismorresistente es la reconsideración respecto a los impactos de la aceptación de daños ante sismos intensos. Entre 2010 y 2020 se presentaron sismos de gran intensidad que afectaron zonas con muchos habitantes (el sismo de Maule en 2010, en Chile; el sismo de Christchurch en 2011, en Nueva Zelanda; y los sismos de Pijijapan y de Chiutla de 2017, en México), en los cuales, aun cuando desafortunadamente se tuvieron que lamentar pérdidas humanas, éstas fueron relativamente pocas en comparación con la intensidad de los eventos. Sin embargo, la gran cantidad de edificaciones dañadas impusieron enormes desafíos adicionales para la recuperación de las comunidades. Los efectos de estos sismos revelaron varias situaciones que probablemente no habían sido adecuadamente valoradas. El permitir el daño controlado en las edificaciones reduce significativamente los colapsos, sin embargo, cuando el

número de edificaciones dañadas es elevado, el impacto social y económico puede ser tal que produzca situaciones críticas en las comunidades. Es por ello que la premisa del concepto *daño aceptable* utilizada en los reglamentos no parece ser ni entendida ni tolerada por la sociedad.

Derivado de esto, se han generado discusiones a nivel mundial respecto a un cambio en la orientación del diseño sismorresistente, evolucionando del concepto del diseño para daños controlados al concepto de la reducción o limitación de los daños. Existe una fuerte corriente a nivel internacional de replantear el diseño sismorresistente hacia un *comportamiento adecuado*, asociada a minimizar los daños, incluso para sismos de gran magnitud. A esta aproximación se le ha denominado *diseño sísmico resiliente*.

La introducción de estos cambios en las normativas y los códigos no es sencilla, pues requiere de un cuerpo vasto de conocimientos teórico-experimentales en torno a estas nuevas estrategias y de la observación empírica de la eficiencia de la aplicación de dichos conocimientos. Un ejemplo es el uso de diversos dispositivos y tecnologías para modificar y controlar el comportamiento sísmico de las edificaciones. Otro es establecer requisitos de comportamiento de las estructuras mucho más estrictos. Ambas condiciones conllevan impactos económicos, técnicos e incluso culturales en la forma de diseñar las estructuras.

Nuevamente, el introducir estas modificaciones de manera normativa como requisitos obligatorios de diseño requiere una discusión seria, colegiada y madura de los diversos sectores involucrados, realizando una valoración cuidadosa del equilibrio entre lo que está teórica y experimentalmente sustentado y lo que se ha observado de manera empírica. De nuevo, se presenta la disyuntiva de hasta qué punto se deben implementar de mane-

ra reglamentaria los nuevos conceptos que aún no han podido ser valorados de manera empírica o qué tanto se puede permitir el no adoptarlos aun cuando se han observado las limitaciones y problemáticas de no utilizarlos.

Es importante reconocer que la actualización continua de los códigos y normas de diseño, de manera razonada y responsable, deriva en una mejora progresiva del desempeño y comportamiento de la infraestructura y, por lo tanto, del nivel de seguridad tanto física como financiera de las comunidades que las ocupan.

Todos aquellos involucrados en la toma de decisiones alrededor del desarrollo de códigos, reglamentos y normativas deben ser conscientes del nivel de responsabilidad que conlleva tener un amplio panorama y experiencia respecto al balance entre los conceptos teóricos y experimentales y la evidencia empírica, además de contar con una madurez y nivel de ética tal que les permita que sus opiniones no se vean sesgadas por intereses o prejuicios. Igualmente, se debe hacer partícipe de alguna manera a la sociedad sobre la complejidad y las limitaciones que se presentan en el desarrollo de este tipo de documentos, para que, en primer lugar, sean conscientes de los riesgos asumidos y, posteriormente, puedan externar una opinión informada acerca del comportamiento adecuado de la infraestructura en la que desarrollan sus actividades.

## Referencias

- Gobierno del Distrito Federal. (2020). *Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTCS-20)*. Gaceta Oficial del Distrito Federal.
- Gobierno del Distrito Federal. (2020). *Proyecto de actualización de las Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (NTCS-20)*. Gaceta Oficial del Distrito Federal.