

Mitigación de desastres producidos por sismos: logros y retos

David De León ⁽¹⁾ y Luis Esteva ⁽²⁾

(1) UAEM, daviddeleonescobedo@yahoo.com.mx

(2) II-UNAM, lesteva@iingen.unam.mx

Resumen

Los desastres producidos por sismos, en México y en el mundo, se han mitigado con el apoyo de investigación que ha servido de guía para mejorar las prácticas del diseño y construcción; pese a los avances logrados, aún hay desafíos pendientes por atender. Dado que seguirá temblando en México y en el mundo, debemos mantener la guardia alta, con estrategias permanentes de actualización técnica y políticas eficientes de prevención y control de riesgos sísmicos.

1. Introducción

Los sismos han generado, en ocasiones, grandes desastres en México y en el mundo (Pérez Campos, 2018), con diversas consecuencias en fatalidades y pérdidas económicas que han generado caídas en el Producto Interno Bruto, endeudamiento que compromete el apoyo para las próximas generaciones y la distracción de recursos financieros que de otra forma podrían haberse utilizado para desarrollo y crecimiento. Ver figuras 1 y 2.



Figura 1. Destrucción causada por el terremoto de magnitud 7.8 en la ciudad de Bhaktapur, Nepal en 2015 (ABC, Ciencia y REUTERS)



Figura 2 Edificio de la colonia Condesa, Ciudad de México, dañado por el sismo de 2017 de magnitud 7.1. (El País, Marco Ugarte AP)

El elevado nivel de peligro sísmico en varias regiones del país reclama la constante atención, preparación y actualización de diferentes instituciones públicas, autoridades, asociaciones y sociedades profesionales, organismos de supervisión, etc. relacionados con la planeación, diseño, construcción, inspección, mantenimiento y operación de obras, más en la Ingeniería sísmica que en otras ramas de la ingeniería.

La industria de la construcción en países que incluyen zonas de alto peligro sísmico (EU, Japón, Chile y México, entre muchos otros) se enfrenta a la encrucijada de lograr un balance entre los niveles de seguridad establecidos como aceptables para el peligro sísmico estimado para el sitio de interés y la necesidad de mantener un nivel de economía plausible para que la inversión pública y privada en las construcciones siga siendo atractiva para seguir en la vía de resolver las necesidades de vivienda en países como los mencionados (Zúñiga et al., 1996). La estimación del peligro sísmico deberá tomar en cuenta tanto la información estadística directa disponible para el sitio de interés como la que se derive de modelos matemáticos sobre la actividad futura posible de las fuentes sísmicas cercanas, capaces de generar sismos con intensidades significativas en dicho sitio. A partir de esta información, tomando en cuenta el objetivo de lograr el balance entre los niveles de seguridad y los impactos económicos, se determina el periodo de

retorno de la intensidad que se adoptará para diseño y se establecen los criterios de diseño y los factores de seguridad necesarios para lograr mantener a un nivel suficientemente bajo la probabilidad de colapso del sistema en caso de que se vea sometido a un temblor con dicha intensidad.

Al evaluar los niveles de seguridad para un valor dado de la intensidad deberán tomarse en cuenta las incertidumbres en las características detalladas del movimiento del terreno que puedan afectar las respuestas dinámicas de las construcciones.

La historia reciente de eventos sísmicos en México ha sido muy significativa para la actualización de las estimaciones del peligro y del riesgo sísmico en México: los antecedentes del temblor del Ángel de la independencia en 1957, los grandes temblores de 1985 y los de la década de los 90's nos habían hecho pensar que los temblores que contribuían significativamente al peligro sísmico en la Ciudad de México tenían su epicentro en la vecindad de la costa del Pacífico. Sin embargo, con los más recientes de 2017 se reconoce la importancia de los temblores intra-placa con epicentros cercanos a grandes poblaciones y la de los temblores con focos poco profundos.

Se han producido grandes desastres en el mundo; la tabla 1 muestra una síntesis con los datos de ello y la tabla 2 muestra las consecuencias de ciertos sismos en México.

Tabla 1. Datos de algunos de los mayores desastres por sismos en el mundo.

Año	Lugar	Fatalidades	Magnitud
1556	Shaanxi, China	Aprox. 830 mil	8
1976	Tangshan, China	Aprox. 255 mil	7.8
1138	Aleppo, Siria (Sbeinati et al., 2005)	Aprox. 230 mil	Desconocida
2004	Sumatra, Indonesia	Aprox. 227 mil	Temblor 9.1 y tsunami

Tabla 2. Datos de los mayores desastres por sismos en México.

Año	Lugar de la fuente	Fatalidades	Magnitud
1957	Guerrero, México	54	7.9
1985	Michoacán , México	> 10 mil	8.1, réplica 7.9
1995	Colima, México	49	8
2017	Puebla, México	370	7.1

Uno de los eventos sísmicos donde los especialistas se comenzaron a dar cuenta que los desastres pueden generar grandes pérdidas económicas, sin que necesariamente la magnitud del mismo sea grande o que haya muchas fatalidades, o sin que las construcciones tengan que experimentar un colapso total, fue el sismo de Northridge, CA en 1994 (RMS, 2004). Con magnitud de 6.7°, 33 fatalidades y 40 billones de dólares en pérdidas, se distinguió a este temblor como el que produjo las mayores pérdidas a la industria del seguro de EU, hasta la fecha. Y el primer motivo fue que el movimiento sísmico se generó en una falla que no era conocida y que la mayoría de los daños ocurrieron en las juntas de los miembros de acero, sobre todo fallas de fractura frágil, que no estaban previstas en la versión de entonces de las recomendaciones de diseño de estructuras de acero. Debido al número y localización de estos daños, se tuvieron que demoler y reconstruir un gran número de construcciones y en otras las reparaciones tomaron mucho tiempo. Esto derivó en un alto monto en las pérdidas por la interrupción de operaciones productivas de las construcciones (tiendas departamentales y hospitales).

2. Estrategias de mitigación

La naturaleza transversal y multidisciplinaria del problema implica que ha crecido la importancia de la comunicación y el entendimiento con otras ramas del proceso y la industria de la construcción, remarcando la necesidad de alianzas y colaboraciones en los aspectos de planeación, diseño, construcción, supervisión y mantenimiento de construcciones (De León, 2018); lo anterior, tanto para obras específicas con un

desafío técnico especial como para mejorar nuestro entendimiento de los sismos como para optimizar la eficacia marginal que se logra con una disciplina pero que ignora las demás. Por ejemplo, arquitectos, geotecnistas, geofísicos, economistas, sociólogos, DRO's (directores responsables de obras), etc. Aquí es fundamental la participación, en la Ciudad de México, del Instituto para la Seguridad de las Construcciones y el seguimiento al proyecto Coco's (Consejo Consultivo Sobre Sismos) que promueve la SMIS.

El reto de dar a la sociedad una respuesta eficaz en las tareas post-sismo, más allá del protagonismo, sigue siendo un área de oportunidad en México. Las labores desinteresadas del voluntariado, para rescate y evaluación de edificios, necesitan de coordinación, capacitación y asesoría técnica para aprovechar mejor los talentos de quienes colaboran, así como un entrenamiento mínimo para uniformizar criterios en las labores de dictamen de instalaciones. La participación conjunta con especialistas en sociología también redundará en incrementar la eficacia de las acciones, sobre todo para apoyar la parte de la población que debe abandonar sus casas en zonas en donde aún hace falta que la autoridad asegure el estado de derecho protegiendo los bienes de las personas. Los aspectos de planeación, organización y coordinación que se detallan más adelante, indudablemente abonan en pro de contar con una mejor respuesta para beneficio de la sociedad, ante la eventualidad de un sismo que provoque daños serios.

Los dilemas de la vivienda, sobre todo en zonas marginadas, donde el grave problema socioeconómico que afecta la mayor parte de la población, la laxa aplicación de las normas en ocasiones, sobre el uso adecuado del suelo, los asentamientos en zonas de alto peligro, la falta de una auto-construcción informada, etc. crean condiciones adversas para incrementar la probabilidad de éxito en cuanto a la mitigación del riesgo sísmico. Problema aparte es el de las escuelas y hospitales donde, de nuevo, las condiciones de marginación y pobreza del país, aunado a la falta de reglamentos de construcción adecuados, contribuye a que los sismos los encuentren desprotegidos y se dañen seriamente o colapsen

con las consecuentes consecuencias en fatalidades y en el mayor atraso en el ya de por sí fuerte déficit de instalaciones físicas para educación y salud en México. Ver figuras 3 y 4.



Fig. 3 Escuela dañada en Oaxaca por el sismo de 2017 (foto: @GobOax)



Fig. 4 Hospital General colapsado por sismo 1985 (Foto: USGS. Wikimedia Commons)

Sin embargo, actualmente hay señales alentadoras, tanto por el INIFED (Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa) en la construcción (hay un reglamento nacional, INIFED, 2011) y reconstrucción de escuelas, como por el CENAPRED en la promoción del tema de Hospital Seguro (donde se está promoviendo un reglamento también nacional). Estos esfuerzos deberán fortalecerse para cristalizar el éxito en materia de mitigación de riesgos sísmicos.

Otra señal alentadora en materia de seguridad sísmica en México es la creación del Instituto de la Seguridad estructural para las construcciones en la Ciudad de México, con la misión de asegurar la seguridad y calidad de las obras. Organismos similares debería existir en todos los municipios y estados del país.

3. Oportunidades para el control y reducción de desastres

Algunos elementos que aportan al optimismo para enfrentar el reto de controlar y mitigar los desastres producidos por sismos son, entre otros:

La frecuente actualización de los reglamentos, como el de la Ciudad de México (Gobierno de la Ciudad de México, 2017) y manuales de construcción ante eventos sísmicos y los comités que les dan seguimiento en México.

Dentro del punto anterior, la búsqueda de las mejores prácticas y el desaliento en el uso de sistemas y prácticas que han demostrado poca eficiencia para resistir temblores en México. La incorporación de lecciones aprendidas y las que aún quedan por aprender por parte de las Sociedades técnicas, el Colegio de Ingenieros Civiles y Arquitectos y organismos como el Cenapred, la Alianza Fiidem y otros encargados de difundir entre profesionistas de la construcción, estudiantes e interesados para orientar en cuanto a no bajar la guardia y detallar la correcta aplicación de las normas, guías y conceptos que subyacen en la interpretación del peligro sísmico y el uso de los estándares más adecuados para el diseño y construcción en zonas sísmicas de México.

La introducción y socialización de aspectos novedosos como la resiliencia, sustentabilidad, reparación óptima tomando en cuenta el daño acumulado, la consideración de los contenidos y el valor del servicio u operación de a construcción en la vida útil de la misma.

Quizás la prevención y preparación, sea el eslabón más débil de la cadena de protección civil y en donde aún falta mucho por hacer para lograr la optimación de inversiones, pues es evidente que cuesta más estar

reconstruyendo y reparando construcciones, independientemente de las fatalidades producidas, cada vez que ocurre un sismo significativo, que invertir en proveer de la seguridad sísmica necesaria.

Los simulacros deberán tomarse con la mayor seriedad e incorporar aspectos de simulación de acciones de coordinación entre líderes de las dependencias ligadas al tema de la ayuda que se les brindaría a las víctimas. La capacitación de quienes ejecuten los trabajos de rescate y evaluación de seguridad estructural es también un aspecto clave para el éxito del proceso.

Y, ante todo, es clave que se siga promoviendo la participación y cultura de preparación y autocuidado de las comunidades.

Una oportunidad que no debe soslayarse es la cobertura de las necesidades de formación: programas escolarizados en las IES ubicadas en zonas sísmicas, programas de actualización rápida (como la iniciativa de aceleración del conocimiento de la Alianza Fiidem los programas de capacitación del Instituto de la Cámara de la Construcción, y los cursos, simposios y congresos de la SMIS, SMIE, SMIG, etc.). Aunado todo ello con las ventanas de oportunidad de colaboración internacional (por ejemplo con el EERI, Taiwán, etc.).

De la colaboración de la industria de los seguros podrían derivar alianzas importantes para impulsar la cultura del seguro contra sismo, por parte de los sectores de la población con capacidad de hacerlo. También conviene considerar la posibilidad de realizar acciones conjuntas con la Asociación Internacional de Ingeniería Sísmica.

4. Avances y retos en la investigación en Ingeniería Sísmica

La investigación realizada en México ha contribuido significativamente al desarrollo de criterios de diseño sísmico con un enfoque de optimización en el ciclo de vida, con metas establecidas de confiabilidad y desempeño esperado incluyendo el desarrollo los primeros mapas de regionalización sísmica en el mundo (Esteva, 1967; Esteva, 2018; Rosenblueth, 1993; Rosenblueth y Esteva, 1966, 1972).

Un reto que aún persiste es la urgencia de mejorar las normas de diseño estructural y los criterios de supervisión y control de calidad en muchas zonas sísmicas de la provincia del país, algunas de ellas altamente marginadas.

Otro reto es lograr una interacción eficiente entre la investigación y la práctica entre los arquitectos, los ingenieros estructurales y los especialistas en geotecnia, en las obras, así como entre colegios y asociaciones gremiales que no siempre comparten objetivos ni estrategias o acciones en el espacio de trabajo; es urgente enfatizar la misión de los profesionales involucrados en estos temas, con un enfoque de servicio social, no sólo de beneficios económicos personales.

Estas distorsiones o dislocaciones del mercado de la ingeniería producen una falta de unidad en el gremio, que lo debilitan para enfrentar con mayor éxito los retos que le presentan los temblores a la Ingeniería en general, pero a la Ingeniería sísmica en lo particular.

La falta de certificación profesional, que actualmente es voluntaria, reduce las posibilidades de tener una calidad adecuada y uniforme en los proyectos y las construcciones y deja a los deseos de los dueños la selección de la oferta de mejor calidad.

Mención aparte merece el tema de los disipadores de energía, que han sido estudiados a nivel de investigación mostrando sus ventajas (Sosa y Ruiz, 1992), pero que en la práctica aún enfrentan la desconfianza de los usuarios y la costumbre de considerar sólo el costo inicial de los proyectos y no la reducción de costo futuro esperado por el desempeño de los disipadores en la vida útil de la construcción.

Conclusiones.-

En México, como todos los países con elevado peligro sísmico, el reto sísmico se mantiene latente y pese a los avances y señales alentadoras, no debemos bajar la guardia. La mejor actitud ante el hecho de que la amenaza seguirá siendo parte de nuestra vida, es prepararse, seguir aprendiendo y ejercitar la mejora

continua en las prácticas de planeación, diseño, operación, supervisión, mantenimiento y protección civil, entre otras vertientes transversales a la vida de la sociedad.

Las alianzas entre organismos e instituciones pertinentes a la mitigación de desastres sísmicos, el espíritu de colaboración desinteresada y la proactividad de todos en torno a la cultura de preparación seguramente coadyuvarán en el logro de avances sólidos hacia la meta de que nuestra sociedad mitigue a niveles razonables el riesgo sísmico al que se encuentra expuesto.

REFERENCIAS.-

De León D. (2018) “El papel de la INGENIERÍA ante los sismos” *Ciencia*, 69(3).

Esteva, L. (1967). Criterios para la construcción de espectros para diseño sísmico. Tercer Simposio Panamericano de Estructuras, Caracas, Venezuela.

Esteva L. (2018) “Peligro, vulnerabilidad y riesgo sísmico” *Ciencia*, 69, 3, pp. 30-35.

Gobierno de la Ciudad de México (2017) **NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO POR SISMO**. México.

INIFED NMX-R-079-SCFI-2015 (2015) Escuelas—Seguridad Estructural de la Infraestructura Física Educativa—Requisitos, México.

Pérez Campos X. (2018) “Presentación. Los sismos” *Ciencia*, 69 (3).

RMS (Risk Management Solutions) (2004) The Northridge, California Earthquake RMS 10-year Retrospective. California, EU.

Rosenblueth E. y Esteva L. (1972) “Reliability Basis for Some Mexican Codes Publication”, *ACI Special Publication*, Vol. 31, pp. 1-42.

Rosenblueth E. (1993) Diseño Óptimo en Ingeniería Sísmica, Conferencia magistral invitada al X Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Puerto Vallarta, Méx.

Rosenblueth E. y Esteva L. (1966) On seismicity. Seminar on Applications of Statistics in Structural Mechanics, Civil and Mechanical Engineering, University of Pennsylvania, USA.

Sbeinati M. R., Darawcheh R. and Mouty M. (2005) Annals of geophysics, vol. 48, no. 3.

Sosa A. y Ruiz, S. (1992) Análisis estructural y costos en edificios con aisladores sísmicos. Revista Ingeniería Sísmica 44, pp- 11-28. DO - 10.18867/ris.44.287

Zúñiga F., Suárez, G., García, V. y Ordaz, M. (1996) Capítulo 2: México, de: Peligro Sísmico en Latinoamérica y el Caribe, Publisher: IPGH/OEA-IDRC, Editors: J. Tanner, J. Shepherd, pp.82