

BENEFICIOS DE LOS DISIPADORES DE ENERGÍA SÍSMICA

HÉCTOR GUERRERO BOBADILLA

Cuando un terremoto de gran magnitud ocurre, es común observar grandes pérdidas (humanas y económicas). Los daños que se generan se pueden clasificar en estructurales, no estructurales y pérdidas de contenidos. Los dos primeros son ocasionados, principalmente, por las grandes deformaciones que se inducen en las estructuras y que resultan difíciles de acomodar (figura 1a y b); mientras que las pérdidas en contenidos están asociadas a los valores de aceleraciones y velocidades de piso que ocurren en una estructura durante el movimiento sísmico. Una alternativa efectiva para reducir o mitigar las pérdidas producidas por el fenómeno sísmico es el uso de sistemas de protección sísmica, en particular, los disipadores de energía.

En la actualidad, varios estudios [1] sugieren que las pérdidas económicas por daños en elementos no estructurales, en contenidos o en pérdida de funcionalidad, pueden ser mucho más caros que los daños estructurales. Por otro lado, varios expertos opinan que la sociedad actual ya no es tan tolerante a daños por sismos, por lo que la cultura en general está encaminándose a la creación de una sociedad resiliente, es decir, una sociedad que es capaz de volver a sus actividades cotidianas de manera rápida después de un fenómeno natural intenso. Otra vez, se vuelve evidente que el uso de sistemas de protección sísmica es una alternativa efectiva para poder llegar a una sociedad resiliente a través de la mitigación de daños tanto estructurales como no estructurales, así como de contenidos. También, muy importante, se evita la pérdida de funcionalidad.

Durante los últimos años, en el Instituto de Ingeniería (IIUNAM), hemos estudiado los beneficios de los disipadores de energía sísmica en las estructuras. Se han encontrado gran cantidad de beneficios que a veces no son evidentes pero que ayudan mucho a las estructuras. A continuación, se enlistan algunos de ellos:

- Reducen las deformaciones en las estructuras. De acuerdo con pruebas experimentales en mesa vibradora de modelos de edificios con y sin disipadores de energía sísmica [2, 3], se ha observado que los disipadores

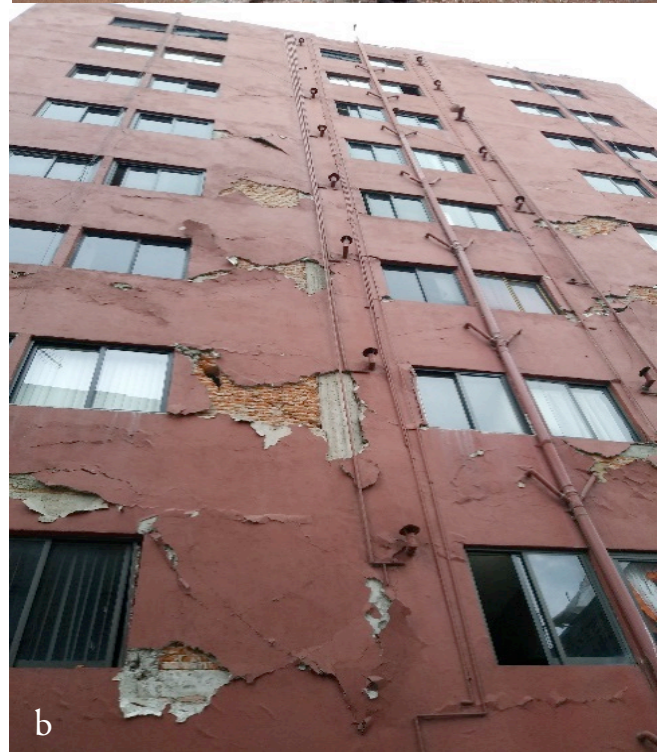


Figura 1 Daños en edificios CDMX, 19 de septiembre de 2017
a. Daño estructural.
b. Daño no estructural

pueden reducir las deformaciones en las estructuras de manera muy importante. Al estar las deformaciones ligadas directamente a los daños en ellas, estos se pueden mitigar de manera efectiva.

- Reducen la probabilidad de pérdida de funcionalidad y de colapso de las estructuras. Los estudios realizados demuestran que los disipadores reducen tanto la probabilidad de pérdida de funcionalidad como la de colapso [4].
- Fusibles estructurales. Una de las grandes ventajas que tienen los disipadores de energía es que funcionan como fusibles estructurales, es decir, después de un terremoto de gran magnitud, los dispositivos que puedan presentar algún deterioro o desgaste, pueden ser reemplazados a bajo costo y sin interrumpir la funcionalidad de las estructuras, lo que resulta muy conveniente. Algo muy similar al uso de balatas para los frenos de los automóviles que usamos a diario, que son reemplazables a bajo costo.

- Ahorros económicos. Un estudio realizado en 2017 [5] demuestra que las estructuras equipadas con disipadores de energía sísmica no cuestan más de 5% que las estructuras convencionales. Sin embargo, los beneficios que aportan en términos de desempeño ante movimientos sísmicos y la reducción de pérdidas probables son muy convenientes, sobre todo en el largo plazo.
- Reducen costos de reparación. Como los disipadores de energía sísmica disminuyen las deformaciones en las estructuras y concentran el daño en ellos mismos, los costos de reparación se minimizan. Esto ocurre porque la estructura principal tiende a tener daños menores mientras que, en caso de requerirse, los dispositivos de disipación se reemplazan a costos y tiempos reducidos.
- Reducen las pérdidas de rigidez en las estructuras. Experimentos en mesa vibradora demuestran que las estructuras equipadas con disipadores de energía sísmica permiten reducir la pérdida de rigidez en

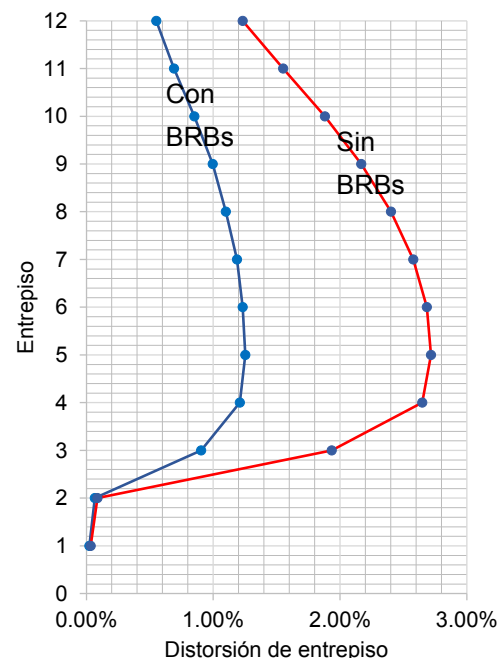
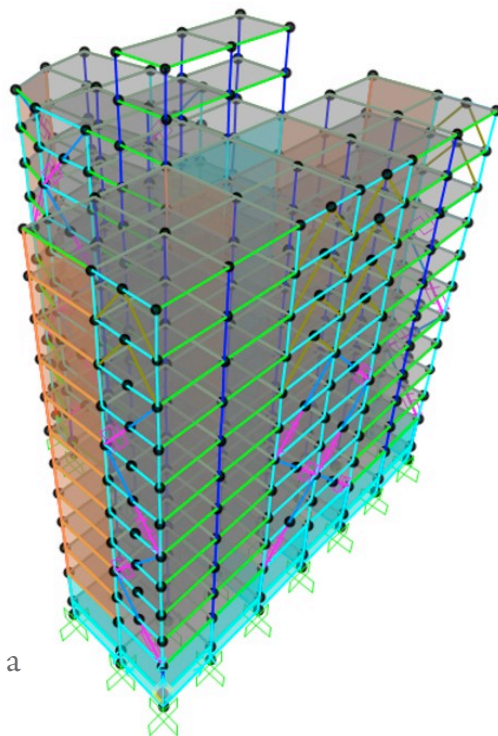


Figura 2. Respuesta media de una estructura reforzada con disipadores de energía sísmica ante movimientos de gran intensidad

a. Modelo numérico de la estructura

b. Media de la distorsión de entrepiso máxima en la dirección desfavorable

estructuras de concreto [3]. En otras palabras, el daño acumulado durante la vida útil de una estructura es mucho menor si ésta está equipada con disipadores de energía sísmica.

- En algunos casos, construir una estructura equipada es más barato que una estructura convencional. Desde la publicación del reglamento de construcciones de la Ciudad de México en 2017 [6], algunos desarrolladores han manifestado que construir estructuras convencionales se ha encarecido a consecuencia del alza de las ordenadas espectrales para diseño sísmico. El uso de dispositivos de disipación ha mostrado reducir los costos de construcción en varios casos.
- Rehabilitación y reforzamiento de estructuras existentes. Para el caso de estructuras existentes se encontró que los disipadores son muy convenientes porque no incrementan mucho las demandas a la cimentación pero sí incrementan la capacidad de disipación. Esto resulta muy atractivo desde el punto de vista económico porque la estructura no tiene que ser recimentada.

La figura 2a muestra una estructura existente reforzada con disipadores de tipo BRB (o buckling-restrained braces, por sus siglas en inglés). Después de realizar análisis dinámicos en la estructura, con y sin BRB, ante varios movimientos de gran intensidad, se encontró que los disipadores ayudan a reducir las distorsiones de entrepiso a niveles muy bajos (figura 2b), pasando de valores cercanos a 3% a valores cercanos a 1%, lo que sin duda evitaría daños significativos en la edificación.

Después de las experiencias obtenidas en los últimos años en la realización de investigaciones teóricas y experimentales de sistemas de protección sísmica, en el Instituto

de Ingeniería hemos desarrollado dos disipadores de energía 100% mexicanos que ayudan a las estructuras a reducir daños. En la figura 3 se muestra uno de ellos, cuya solicitud de patente ha sido enviada al Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), ya que presenta ventajas técnicas y económicas sobre otros disipadores disponibles en el mercado. El dispositivo propuesto se encuentra en la etapa de transferencia tecnológica al sector industrial y sin duda alguna estará en el mercado mexicano en el corto plazo. |

Referencias

- [1] Taghavi S., Miranda E. (2003). Response Assessment of Nonstructural Building Elements. Berkeley, California: Pacific Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.
- [2] Guerrero-Bobadilla H., Ji T., Escobar-Sanchez J. A. (2017). Experimental studies of a steel frame model with and without buckling-restrained braces. *Ingeniería Sísmica*. 95:33-52.
- [3] Guerrero H, Ji T, Escobar J. A, Teran-Gilmore A. (2018). Effects of Buckling-Restrained Braces on reinforced concrete precast models subjected to shaking table excitation. *Engineering Structures*. 163:294-310.
- [4] Guerrero H, Ji T, Escobar J. A. (2016). On the Upgrading of Hospitals in Mexico City by Using Buckling-Restrained Braces. *Geotechnical and Structural Engineering Congress 2016*. p. 299-313.
- [5] Guerrero H., Terán-Gilmore A., Ji T., Escobar J. A. (2017). Evaluation of the economic benefits of using Buckling-Restrained Braces in hospital structures located in very soft soils. *Engineering Structures*. 136:406-19.
- [6] RCDI. Reglamento de Construcciones para la Ciudad de México y sus Normas Técnicas Complementarias (2017). Ciudad de México, México.

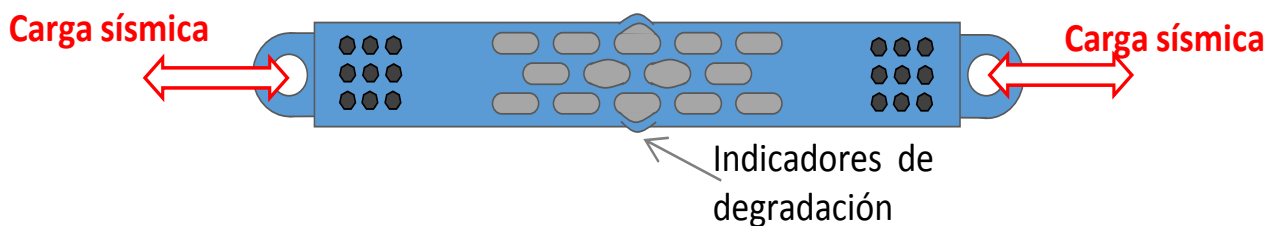


Figura 3. Disipador propuesto en el IUNAM (inicio de registro de patente núm: DIR/375/2018)