



A y P
Avance y Perspectiva

35 AÑOS

PONIENDO LA CIENCIA EN TUS MANOS

Vol. 1 No. 1
Septiembre - Noviembre 2015
México



Cinvestav

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN

SISTEMAS DE CONTROL EN EDIFICIOS

UNA OPCIÓN ANTE FUERTES SISMOS

El concepto de control estructural en edificaciones tiene sus raíces en el trabajo empírico de John Milne, profesor de ingeniería en Japón, quien hace más de 100 años construyó una pequeña casa en madera y la colocó sobre cojinetes para demostrar que la estructura podría ser aislada del movimiento sísmico



Luisa Miranda Barbotó
Subdirección de Intercambio Académico
mmiranda@cinvestav.mx

Uno de los sismos de mayor intensidad y el primero del que se tiene registro en la ciudad de México, ocurrió en 1475 durante el reinado del tlatoani Axayácatl; pero sin duda el que significó un parteaguas en la historia del país fue el acaecido la mañana del 19 de septiembre de 1985 a las 7:17 horas con una intensidad de 8.1 grados en la escala Richter y 2 minutos de duración.

El sismo exhibió a una ciudad poco preparada para este tipo de eventos, la cual sufrió daños más graves de lo previsible por diversas causas, entre ellas: el estar asentada sobre un lago, rodeada de montañas, en una zona de convergencia tectónica, un crecimiento desmedido en su población y la ausencia de programas de desarrollo urbano efectivos.

El epicentro del sismo se ubicó cerca de la desembocadura del Río Balsas, límite natural entre los estados de Michoacán y Guerrero. Fue un sismo trepidatorio y oscilatorio a la vez, con una profundidad de 15 km bajo la corteza terrestre. La ruptura o falla que produjo el terremoto se localizó en la llamada Brecha de Michoacán, conocida así por su, hasta ese momento, notable carencia de actividad sísmica. Se ha determinado que el sismo fue causado por el fenómeno de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa Norteamericana, ya que el contacto entre ambas placas tectónicas ocurre frente a las costas del Pacífico, desde el estado de Jalisco, hasta el de Chiapas.

¿Qué ha cambiado desde entonces?

De 1986 a la fecha se han hecho cambios significativos en el reglamento de construcción del Distrito Federal, el cual ha incorporado importantes avances científicos y tecnológicos en los campos de instrumentación sísmica,

estudios del subsuelo y cimentaciones, así como el análisis sobre la respuesta de estructuras bajo la acción de fuerzas sísmicas. Ahora las edificaciones requieren de un Director Responsable de Obra (DRO) y los edificios de más de 10 pisos deben contar con disipadores de energía y sistemas antisísmicos, entre otros requerimientos.

En los últimos años el interés en el control estructural ha aumentado notablemente y se está realizando un gran número de investigaciones en el mundo y desarrollando distintas metodologías con una meta común: la protección de la infraestructura civil y las personas que la usan.

Se han propuesto alternativas para disminuir la vulnerabilidad estructural, entre ellas los sistemas de control activo, pasivo, híbrido y semiactivo, implementados en estructuras flexibles (rascacielos y puentes colgantes), sobre todo en países como Japón y Estados Unidos.

En la actualidad el control pasivo como aislador sísmico es una de las técnicas más implementadas; tan sólo en Japón, más de cinco mil edificios han sido protegidos por este tipo de sistema, ya que la isla concentra 18 por ciento de todos los terremotos superiores a los 7 grados Richter que ocurren en el planeta. En México, estructuras como la Torre Mayor y la Torre Reforma son las que utilizan este tipo de tecnología.

Este no emplea una fuente externa de potencia, responde al movimiento del edificio y disipa la energía vibratoria del sistema estructural, mediante los aisladores de base, amortiguadores viscoelásticos y amortiguadores de masas.

Sin embargo, en opinión de Wen Yu Liu, Jefe del Departamento de Control Automático del Cinvestav, esta técnica presenta varias desventajas: actúa de forma mecánica ante el movimiento, es más costosa, pues los equipos son de gran tamaño por lo que requieren mayores espacios de instalación (hasta cuatro pisos), y es menos efectiva que otras.

Por ello, el científico desarrolla desde hace cinco años una alternativa innovadora basada en un sistema de control activo de *tampers*, para contrarrestar los efectos de un movimiento telúrico, a través de un sistema de contrapesos instalado en la parte superior del edificio.

El sistema activo desarrollado en el Cinvestav está basado en un algoritmo avanzado de control



“

Lo que hace primero es medir el movimiento de cada piso y enviar la información a la computadora para que calcule cuánto movimiento de *tamper* o contrapeso colocado en el techo debe equilibrar

automático que permite reducir de 60 por ciento a 80 por ciento la vibración y soportar sismos de mayor magnitud (9 grados), y desplazamiento (50 cm). Esta tecnología consiste en colocar sensores del tamaño de un celular en cada piso de la edificación, así como un contrapeso en la parte superior encargado de estabilizar la estructura del inmueble absorbiendo y disipando la energía de acuerdo con la intensidad del sismo. Otra ventaja es que no se requieren cambios en las edificaciones, sólo se debe instalar el sistema, por lo que puede colocarse en edificios terminados.

“Lo que hace primero es medir el movimiento de cada piso y enviar la información a la computadora para que calcule cuánto movimiento de *tamper* (contrapeso) colocado en el techo debe equilibrar”. La intensidad es el principal factor para estabilizar la estructura del edificio.

El único inconveniente que presentaba el sistema y que ha hecho que pocos edificios a nivel mundial cuenten con este tipo de tecnología, es que precisaba de energía eléctrica para su funcionamiento, y en los terremotos de gran intensidad muchas veces es necesario cortar el suministro. Pero ahora, al igual que un celular, cada sensor dispone de una batería eléctrica y un respaldo tipo *no-break* para la computadora.

El sistema propuesto por Wen Yu Liu se ha probado a nivel laboratorio en estructuras rígidas y flexibles para verificar la efectividad de los

algoritmos que manejan el sistema de control automático. También se han realizado estudios en los se inhabilitan algunos sensores, sin que el sistema presente afectaciones.

En opinión del investigador, construir edificios más seguros empleando la ciencia y la tecnología es una buena opción, pero en caso de presentarse un sismo existen dos factores que afectan cualquier edificación: el movimiento trepidatorio y la duración, pues no importa la intensidad si el tiempo de vibración es prolongado.

Por ello, Wen Yu Liu hizo hincapié en la importancia de cuidar en la capital mexicana uno de los mayores *tampers* naturales con los que se cuenta; es decir, el agua que aún existe bajo la ciudad, pues de acuerdo con la opinión de algunos expertos mundiales en el tema de ingeniería, este líquido amortigua los movimientos telúricos.

“El sismo de la ciudad de México en 1985, pese a ser de gran magnitud, no derribó tantos edificios, contrario a lo que ocurrió en la provincia china de Sichuan en mayo de 2008 que derrumbó 80 por ciento de las edificaciones, aun cuando el terremoto fue de 7.9 grados (en la escala Richter)”, destacó el investigador del Departamento de Control Automático.

Para finalizar, el científico señaló que hasta el momento los terremotos no pueden evitarse ni pronosticarse con mucha antelación, pero pueden

Tamper total

El Shanghai World Financial Center, rascacielos ubicado en China, es el tercero más alto de ese país con una altura de 492 metros y 101 pisos. A esta torre se le ha colocado un tamper que mide: 9 metros de ancho, 9 metros de largo y 4 metros de alto, con un peso total de 150 toneladas, similar al que propone el Cinvestav.

Tamper a escala

En laboratorio las pruebas se realizan con una estructura que mide: 5 cm ancho, 20 cm largo y 10 cm de alto, con un peso de 400 gramos.

Otros sistemas

Control semiactivo: Son una clase de sistemas de control para los que la energía externa requerida es de menor orden de magnitud que para los de tipo convencional. Normalmente estos dispositivos no suministran energía mecánica al sistema estructural y, por lo tanto, se garantiza la estabilidad tipo entrada-acotada salida-acotada (BIBO). Frecuentemente son considerados como dispositivos pasivos controlables.

Control híbrido: Estos sistemas emplean una combinación de dispositivos pasivos y activos. Por ejemplo, una estructura acondicionada con amortiguadores viscoelásticos y un amortiguador activo de masa en la parte superior del edificio; o una estructura aislada en la base con actuadores controlados activamente para mejorar su comportamiento.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia



Cuerda de alambre

Contrapeso

Marco

Dispositivo de ajuste con periodo natural

Perno de forma redonda

Conector liberador

Motor de apoyo AC

Viga XY

implementarse medidas preventivas que harán que se reduzcan los riesgos potenciales.

Por ello, su propuesta tecnológica es idónea para las ciudades propensas a los sismos, como la de México. Gracias a los resultados positivos obtenidos en laboratorio, el investigador calcula de cinco a diez años para que el nuevo sistema se aplique, ya que se busca no sólo perfeccionarlo, sino también bajar los costos de implementación para mejorar su comercialización.



Infografía: Mitsubishi Heavy Industry/Traducción: Elizabeth Licona