

Quan la Terra tremola, els **gratacels ballen** per no caure

Belén Ferrer

Departament d'Enginyeria Civil · Universitat d'Alacant

Imaginem per un moment que estem a la part alta d'un gratacel. Les vistes són impressionants, el sòl sembla ferm, però, de sobte, tot se sacseja. Què està ocorrent? Un terratrèmol. Què és un terratrèmol?

Un terratrèmol és, en essència, un moviment brusc del terreny provocat per l'alliberament sobtat d'energia acumulada a l'interior de la Terra. Aquesta energia s'allibera normalment quan dos blocs de l'escorça terrestre, que estaven en tensió, finalment llisquen un respecte de l'altre. Eixe lliscament genera ones sísmiques que es propaguen en totes les direccions i fan tremolar el sòl.

La majoria dels terratrèmols s'originen en les falles geològiques, que són fractures en l'escorça terrestre. Encara que moltes vegades no percebem aquests moviments, alguns són suficientment intensos com per a causar danys devastadors en edificis, infraestructures i, per descomptat, posar en perill vides humanes.

Per a entendre la magnitud d'un terratrèmol, utilitzem una escala anomenada escala de magnitud, la més coneguda és l'escala de Richter, encara que actualment els sismòlegs prefereixen parlar de magnitud moment, un sistema més precís i modern.

L'escala és logarítmica. Això significa que cada nombre enter representa un augment deu vegades major en l'amplitud de les ones sísmiques i unes 32 vegades més energia alliberada. Per exemple, un terratrèmol de magnitud 6 allibera unes 32 vegades més energia que un de magnitud 5. Terratrèmols de magnitud menor a 3 solen ser imperceptibles; de magnitud entre 4 i 5 ja poden notar-se i causar sacsejades lleus; a partir de magnitud 6 poden provocar danys estructurals seriosos i un terratrèmol de magnitud 7 o 8 pot arrasar ciutats senceres, depèn de la profunditat i la proximitat a l'epicentre.

Quan la terra es mou, també ho fa tot el que hi ha damunt. Les ones sísmiques espanten els edificis d'un costat a l'altre, a vegades també en sentit vertical. Si l'estructura no està preparada per a moure's, es clivella, s'esfondra o col·lapsa per complet.

Els edificis més alts, com els gratacels, són especialment sensibles a uns certs tipus de terratrèmol. Això ocorre per un fenomen conegut com a ressonància: cada estructura té una freqüència natural de vibració, i si coincideix amb la freqüència de les ones sísmiques, les oscil·lacions s'amplifiquen. En els gratacels, aquesta ressonància pot provocar oscil·lacions enormes en els seus pisos superiors, com si foren fuets gegants.



Edifici Taipei. https://es.wikipedia.org/wiki/Taipei_101

L'any 1999, el terratrèmol de Chi-Chi, a Taiwan, de magnitud 7,6, va sacsejar el país durant més de 30 segons. En plena construcció del Taipei 101, el gratacel més alt del món en eixe moment, els enginyers es van adonar de la importància vital de dissenyar una solució antisísmica radical.

En construcció antisísmica, una de les primeres línies de defensa consisteix en el mateix disseny estructural: es construeixen edificis amb materials resistents però flexibles, capaços de deformar-se lleugerament sense trencar-se. A això se suma l'ús de sistemes de dissipació d'energia, com ara amortidors hidràulics o metàl·lics que actuen com els d'un automòbil, absorbeixen part del moviment en les connexions entre bigues i pilars.

En alguns casos, sobretot en edificis d'altura mitjana, s'usa també l'aïllament sísmic en la base, una tècnica que consisteix a interposar capes de materials flexibles entre l'estructura i el sòl. Així, quan la terra es mou, l'edifici roman relativament estable, com si surara sobre una capa de goma. No obstant això, aquesta solució resulta difícil d'aplicar en gratacels, que requereixen fonaments extremadament sòlids.



Amortidor de massa del Taipei i ubicació en l'edifici. https://es.wikipedia.org/wiki/Amortiguador_de_masa i https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Taipei_101_Tuned_Mass_Damper.png

Per això, quan es tracta d'edificis vertaderament alts, situats en zones d'alta sismicitat o exposats a vents extrems, l'estratègia més espectacular (i efectiva) consisteix a incorporar una massa dinàmica a la part alta de l'edifici que actue com a contrapès oscil·lant. És ací on entren en joc els anomenats amortidors de massa sintonitzada, veritables prodigis de l'enginyeria.

Aquests dispositius consisteixen en una enorme massa suspesa dins l'edifici, generalment en les seues últimes plantes, dissenyada per a oscil·lar en direcció oposada al moviment de l'edifici. El principi és simple però poderós: quan el gratacel s'inclina cap a un costat per efecte d'un terratrèmol o una ràfega de vent, la massa es desplaça cap a l'altre costat, equilibra les forces i redueix considerablement l'amplitud de les oscil·lacions. La clau està en el fet que aquesta massa estiga "sintonitzada" amb la freqüència natural de l'edifici, per això el nom.

El cas més cèlebre i emblemàtic d'aquesta tecnologia és el del Taipei 101, a Taiwan. Amb més de mig quilòmetre d'altura i exposat tant a terratrèmols com a tifons, els dissenyadors van incorporar en la part superior una esfera de 660 tones d'acer, penjada mitjançant cables d'acer d'alta resistència i estabilitzada amb amortidors hidràulics. Aquest gegantesc pèndul, visible per als visitants des de l'interior de l'edifici, es balanceja amb elegància cada vegada que el Taipei 101 es mou, contraresta el desplaçament i evita que les vibracions s'amplifiquen.

Però no és l'únic exemple de massa oscil·lant a la part alta d'un gratacel. Alguns edificis, com la Citicorp Tower a Nova York o unes torres al Japó i la Xina, usen un enfocament més discret però igualment eficaç: utilitzen piscines d'aigua situades en les últimes plantes. Aquestes piscines no són decoratives ni recreatives, sinó funcionals: quan l'edifici s'inclina, l'aigua a l'interior de la piscina es desplaça lliurement en la direcció oposada, i genera una força d'inèrcia que contribueix a estabilitzar l'estructura. Encara que menys visibles que els grans pèndols metàl·lics, aquestes masses líquides compleixen una funció molt similar, i a més poden adaptar-se millor al disseny arquitectònic de l'edifici.

Així, entre pèndols d'acer, amortidors ocults i piscines estratègicament col·locades, els gratacels contemporanis no lluiten contra la força del terratrèmol resistint-se, sinó aprenent a moure's amb el sisme. I encara que no puguem evitar que la terra tremole, sí que podem dissenyar edificis capaços de mantindre's en peu i protegir els qui viuen o treballen en l'interior.



ASSOCIACIÓ
PER LA DIVULGACIÓ
DE LA CIÈNCIA
I LA TECNOLOGIA

<https://associaciomeridiazero.com>

FES-TE'N SOCI