



Minimizan el deterioro del emblemático edificio a causa del hundimiento.

La Catedral Metropolitana es una construcción colosal. Mide 109.96 metros de largo por 54.50 metros de ancho y su peso se acerca a las 127 mil toneladas. El 11 de abril de 1989, un fuerte aguacero azotó el centro de la Ciudad de México, ocasionando goteras y filtraciones de agua en las cinco naves que forman la Catedral Metropolitana. El patrimonio cultural y artístico que ahí se resguarda resultó con serios daños.

El incidente dio la pauta para que expertos, entre ellos un grupo de ingenieros y arquitectos de la UNAM, realizara un estudio de valoración sobre los daños que presentaba el inmueble. En ese momento, había casi dos metros y medio de diferencia entre la parte más alta del edificio y la parte más baja. Los especialistas diagnosticaron que, de continuar el hundimiento del edificio a la velocidad que se movía en ese momento, en menos de 25 años el daño sería tal, que la estabilidad de la catedral estaría en riesgo.

HUNDIMIENTO DIFERENCIAL

La Catedral Metropolitana tuvo problemas de hundimiento desde antes de que concluyera su construcción, señaló en entrevista Abraham Roberto Sánchez Ramírez, responsable del Laboratorio de Estructuras de la Coordinación de Estructuras y Materiales del Instituto de Ingeniería de la UNAM y uno de los ingenieros que participaron en el rescate de este edificio histórico.

“La catedral fue construida en un sitio que alguna vez fue lago; debajo hay arcillas muy deformables, y aunque la construyeron sobre restos prehispánicos pensando que el suelo iba a estar más sólido, la iglesia es tan grande que no toda quedó apoyada sobre una parte dura”, advirtió.

El hundimiento diferencial es el problema que enfrenta la Catedral Metropolitana. Consiste en que cada parte de una construcción se hunde de diferente manera y a diferente ritmo. Este hundimiento no uniforme provoca que unos lados del edificio se desplacen más que otros provocando grietas o fracturas.

La Catedral se construyó en varias etapas a lo largo de 240 años, entre 1573 y 1813. Mientras el monumento estuvo en construcción, el problema no era tan grave porque, aunque ya presentaba hundimiento diferencial, admitía ciertas deformaciones sin sufrir muchos daños. Las verdaderas dificultades surgieron cuando se colocó la cobertura del edificio, es decir las bóvedas, porque estas no resisten la deformación de la estructura y se fracturan.

El investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM dijo que para combatir el deterioro que se iba presentando en el pasado, se utilizaron varios métodos como colocar sensores de metal en los lugares donde se formaban grietas; sin embargo, “la iglesia seguía hundiéndose y los arreglos que hacían arriba eran inútiles porque no atacaban la causa real que se encontraba por debajo”.

Para agravar el problema, a principios del siglo XX la demanda de agua potable en la ciudad de México se incrementó notablemente por el aumento de la población. La extracción de agua del subsuelo aceleró el hundimiento del edificio.

Texto: Naix'iel Castillo

Diseño: Adolfo González

Catedral Metropolitana

Si formaran una línea continua, las grietas ocasionadas por el hundimiento diferencial en la Catedral alcanzarían

4 kilómetros.

Tras el éxito que tuvo la técnica de subexcavación de arcillas blandas en la Catedral Metropolitana, el Comité para la Salvaguarda de la

TORRE DE PISA

evaluó la posibilidad de usar la misma técnica para enderezar este célebre monumento italiano que es Patrimonio de la Humanidad. El proyecto de subexcavación se aprobó y se logró enderezar la torre 40 centímetros. Ahora se calcula que podrían pasar 300 años antes de que necesite una nueva intervención.

Cada una de las **DOS TORRES** de la Catedral Metropolitana está rematada con una cruz sobre una esfera hueca, hecha de cantera. En la esfera de la Torre Oriente había escondida una “cápsula del tiempo”, una caja en la que había monedas de la época y oraciones contra los rayos y los sismos.

EL RESCATE DE LA

SUBEXCAVACIÓN

Antes del proyecto de rescate en el que participó el Instituto de Ingeniería de la UNAM, ya se habían hecho otros intentos por detener el hundimiento diferencial de la Catedral Metropolitana, pero no fueron exitosos, señaló el maestro Roberto Sánchez Ramírez.

Entre los años 1989 y 2000, las obras para el rescate de la Catedral fueron encabezadas por el arquitecto Sergio Zaldívar Guerra, quien invitó a los ingenieros especialistas en mecánica de suelos Enrique Santoyo Villa, investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM durante 15 años, y Enrique Tamez González, miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Ellos a su vez insistieron en la participación de especialistas universitarios en estructuras como el doctor Roberto Meli y el ingeniero Roberto Sánchez.

“El ingeniero Enrique Santoyo Villa había tenido mucho éxito enderezando algunos edificios de interés social en la zona de Xochimilco, que quedaron inclinados tras el terremoto de 1985 mediante la técnica de subexcavación, la cual consiste en trabajar por debajo de la cimentación y extraer parte del subsuelo de manera controlada para inducir hundimientos correctivos”, explicó.

Antes de aplicar la técnica en la Catedral Metropolitana, tenía que demostrarse que era adecuada para construcciones antiguas. La subexcavación se probó en el Templo de San Antonio Abad, una construcción contemporánea y con un sistema de construcción parecido ubicado en la Calzada de Tlalpan.

“La propuesta se aceptó y se construyeron 33 pozos de 3 metros de diámetro con profundidades que oscilaron entre 16 y 22 metros; en el fondo de esos pozos revestidos de concreto había boquillas de 15 centímetros de diámetro por los que con la ayuda de un tubo se extraía la arcilla gradual y selectivamente”.

Durante el tiempo que duró la subexcavación, de 1993 a 1998, el Instituto de Ingeniería estuvo a cargo del monitoreo de la estructura para conocer su comportamiento y desempeño usando sensores, modelos teóricos, pruebas en el sitio e inspecciones visuales de todo el conjunto. También se encargó de proponer los refuerzos a la estructura que fueron necesarios tras la subexcavación.

Al final de los trabajos, el hundimiento diferencial del edificio logró corregirse cerca de 90 centímetros. “Aunque la Catedral sigue hundiéndose a razón de 7 centímetros por año, su hundimiento prácticamente ya no es diferencial. Esto nos permite preservar el monumento para que las próximas generaciones de ingenieros y arquitectos encuentren nuevas soluciones y sigan preservándolo”, concluyó el especialista en estructuras.



Esríbenos a cienciaunam@unam.mx o llámanos en el D.F. al 5622-7303