



Un paso adelante para prevenir el riesgo sísmico

Modelos de exposición para determinar el número de edificios y de habitantes, y sus características de construcción, y el estudio del comportamiento ante sismos de las viviendas más comunes en Colombia son algunas de las iniciativas desarrolladas por investigadores de la Universidad EAFIT para identificar el riesgo sísmico en varias ciudades del país.



Todos los ensayos experimentales se realizan en el Laboratorio de Sismica de EAFIT, uno de los más completos y avanzados del país.

📷 Robinson Henao

Rafael González Toro

Colaborador

Colombia es un país montañoso ubicado en el Anillo de Fuego del Pacífico, una zona sísmica activa en el planeta. A esto se suma que en el país convergen tres placas tectónicas (Nazca, Caribe y Sudamericana), cuyo movimiento produce distintos tipos de fallas geológicas que pueden incidir en cada cuánto tiembla y qué tan duro tiembla, según la región en que se esté del territorio nacional.

La primera norma sismorresistente se expidió en Colombia en 1984, después del sismo de Popayán, ocurrido el 31 de marzo de 1983.

Aunque los colombianos no estén muy acostumbrados a que tiembla y no se le ponga mucho cuidado al tema, la vulnerabilidad ante un sismo es muy alta. En el caso del Valle de Aburrá no se necesita de un temblor muy fuerte para tener daños de proporciones considerables.

De ahí la necesidad de estar preparados. Por eso, la Escuela de Ingeniería de la Universidad EAFIT, a través del Departamento de Ingeniería Civil, fue contactada hace cuatro años por la Fundación Global Earthquake Model (GEM), una organización sin ánimo de

lucro que trabaja para mejorar la resiliencia contra los sismos en el mundo.

Tras el contacto inicial con Ana Beatriz Acevedo Jaramillo, PhD en Reducción del riesgo sísmico y docente de la Universidad EAFIT, la invitaron a participar como experta nacional en el proyecto *Evaluación del riesgo sísmico en Suramérica (SARA*, por la sigla en inglés de South America Risk Assessment), que cuantificó en la región el riesgo sísmico, que sirve para determinar cuáles serían las pérdidas esperadas tras un sismo, tanto humanas (heridos o fallecidos) como económicas.

El trabajo de la investigadora eafitense consistió específicamente en desarrollar dos modelos: uno de exposición, que sirve para identificar en la ciudad cuántos edificios hay, qué características de construcción tienen y cuántas personas viven en estos; y uno de vulnerabilidad para las viviendas más comunes, que permite identificar los daños que tendrían estas estructuras ante diferentes sismos.

En este proyecto también participaron el profesor Juan Diego Jaramillo Fernández y el estudiante de maestría en Ingeniería, por ese entonces, Fernando Alexis Osorio Vergara. En este estudio se dieron cuenta de que más de la mitad de las viviendas en Medellín no están construidas para que resistan terremotos. Son casas de muros de ladrillos puestos uno sobre el otro sin acero en los muros ni presencia de columnas ni vigas. Construcciones que por norma están prohibidas en el país.

La importancia de este proyecto radica en la necesidad de poder estimar las pérdidas que producirán sismos en la región, por lo que, además de conocer la distribución de la infraestructura, se debe estimar cómo funcionan dichas estructuras en América Latina.

Teniendo en cuenta que una cantidad importante de viviendas en la región son muy *sui generis*, como son las viviendas más comunes en Medellín, el docente Juan Diego Jaramillo manifiesta que para realizar un correcto análisis de su capacidad es necesario complementar la información que hay de estas viviendas en otros países con información local, trabajo en el que han estado concentrados los eafitenses.

Medellín y Colombia

La primera norma sismorresistente se expidió en Colombia en 1984, después del sismo de Popayán, ocurrido el 31 de marzo de 1983. Antes de esto no había conciencia de la problemática que acarrea este tipo



Para estimar el nivel de riesgo sísmico los investigadores tienen en cuenta tres componentes: amenaza (si tiembla o no), exposición (qué y quiénes están ahí) y vulnerabilidad (la capacidad de las estructuras).

© Robinson Henao

Otros frentes de trabajo

La evaluación del riesgo sísmico en EAFIT se ha ampliado de viviendas a otras infraestructuras como subestaciones eléctricas y sistemas de acueducto, siendo este último el tema central del trabajo de doctorado en Ingeniería de Daniela González González.

El fenómeno de deslizamientos inducidos por sismos es otro de los temas que en la actualidad investiga el estudiante Marco Camilo Zapata Tapia en su trabajo de maestría en Ciencias de la Tierra, junto con los profesores Ana Beatriz Acevedo y Jorge Alonso Prieto Salazar, del Departamento de Ingeniería Civil.

de construcciones y un gran porcentaje de las viviendas construidas por ingenieros, antes de esa fecha y que todavía perduran, se hicieron con muros de mampostería simple, es decir, muros de ladrillos.

Para el caso de Medellín hay un gran número de casas viejas en barrios como La América, La Floresta, Estadio, El Poblado, Laureles, San Joaquín, Belén, Prado, entre otros, construidas de esa manera. Además, están las viviendas que vienen de procesos más informales de construcción, que no cumplen ninguna norma y que se multiplican en diferentes barrios de la ciudad.

Cerca del 60 por ciento de las viviendas de Medellín no cumplen con la norma de sismorresistencia.

De ahí que el estudio encontró que cerca del 60 por ciento de las viviendas de la ciudad están en estas condiciones. Por eso surgió para la profesora Ana Beatriz Acevedo, junto con su equipo de Ingeniería Civil, la necesidad de estudiar el comportamiento de esas construcciones ante un sismo porque cuando haya un

terremoto van a ser muy afectadas y van a comprometer la vida y el patrimonio de sus moradores.

La cifra de 60 por ciento sale de un modelo de exposición, en el que la calidad de los resultados depende de la calidad de los datos. Para este fin hicieron muchas encuestas y se basaron en una información de Catastro Municipal, en entrevistas con expertos e ingenieros, y en identificar el sistema estructural, explica la docente eafitense.

Modelo local

Un modelo de exposición, que sirve para cuantificar a gran escala en los estudios de riesgo sísmico, es lo que creó dentro del proyecto SARA el equipo de la Universidad EAFIT, específicamente para el departamento de Antioquia y, con más detalle, para Medellín, Bogotá y Cali.

Con la propuesta de otra estudiante de la maestría en Ingeniería, que en la actualidad cursa doctorado en Ingeniería, Daniela González González, se decidió optimizar el modelo de Medellín. Realizaron más encuestas y, posteriormente, mejoraron los modelos de Bogotá y Cali.

Aunque el proyecto SARA terminó en 2015, los investigadores eafitenses continuaron trabajando con la Fundación GEM. En 2017 se firmó un acuerdo de colaboración entre EAFIT y GEM, dentro del cual se realizó en mayo de 2017 el Seminario-Taller Evaluación del riesgo sísmico y sus aplicaciones en la toma de decisiones.

El comportamiento de la estructura

Una vez terminada su maestría en Ingeniería, Fernando Alexis Osorio, estudiante en la actualidad del doctorado en Ingeniería de EAFIT y financiado por Colciencias, decidió orientar su tesis en estudiar la vulnerabilidad sísmica de la infraestructura de edificaciones de mampostería no reforzada, que representa el 60 por ciento de las construcciones de viviendas del Valle de Aburrá.

Mediante ensayos de laboratorio, el estudiante doctoral ha aplicado cargas a muros de mampostería no reforzada, para estudiar su comportamiento ante cargas laterales, con el propósito de obtener datos para crear modelos, cuantificar y entender

cómo se comportarán las estructuras de ese tipo de construcciones, cuya capacidad de soportar cargas sísmicas es muy baja.

La realización de estos ensayos hace parte de las actividades de un convenio de asociación entre EAFIT y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Este se firmó a finales de 2017 con el objetivo de evaluar, de manera experimental, el comportamiento de muros de mampostería no reforzada sometidos a cargas laterales y realizar un reforzamiento de viviendas. Dicho convenio se desarrolla en el marco del Plan de gestión del riesgo sísmico del Área Metropolitana.

Los investigadores desarrollaron un modelo de exposición para identificar cuántos edificios hay en la ciudad, sus características y cuántas personas viven en estos.

Debido a que la vulnerabilidad de viviendas de mampostería no reforzada es un problema en la región, se decidió complementar los ensayos del estudiante de doctorado con ensayos de muros en la mesa vibratoria, lo que permite aplicar aceleraciones en la base del muro.

Los ensayos en mesa están a cargo de José Fernando Baena Urrea, estudiante de maestría en Ingeniería. Todos los ensayos experimentales se realizan en el Laboratorio de Sísmica de EAFIT, uno

de los más completos y avanzados del país.

Como parte de ese convenio, reforzarán tres viviendas informales en tres municipios del área metropolitana del Valle de Aburrá. Las reforzarán según metodologías desarrolladas por la ONG Build Change, entidad que trabaja en la reconstrucción de viviendas y escuelas después de sismos, pero cuya labor en Colombia se enfoca en la prevención (antes del sismo). Reforzar estas viviendas permitirá no solo conocer los costos de este proceso de reforzamiento, sino que la comunidad entienda por qué se debe hacer.

Para estimar el nivel de riesgo sísmico se tienen en cuenta tres componentes: amenaza (si tiembla o no), exposición (qué y quiénes están ahí) y vulnerabilidad (la capacidad de las estructuras). Para este trabajo los investigadores se centran en la vulnerabilidad, pues el propósito es estudiar cómo se comporta la estructura, puntualiza la profesora Ana Beatriz Acevedo.

Con la línea de investigación que lidera la docente Ana Beatriz Acevedo se espera encontrar más luces para poder mitigar, de la mejor manera posible, las consecuencias de un posible sismo. Además, que los gobernantes y la gente cada vez comprenda más la importancia de prevenir y de cumplir las normas al momento de construir, tanto para cuidar patrimonios y, lo más importante, para salvar vidas.

Investigadores

Ana Beatriz Acevedo Jaramillo

Ingeniería civil, Universidad Nacional de Colombia (sede Medellín); magíster y PhD en Reducción del riesgo sísmico, Universidad de Pavia (Italia). Es profesora e investigadora en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad EAFIT.

Daniela González González

Ingeniera civil y magíster en Ingeniería, Universidad EAFIT. En esta institución es estudiante en la actualidad del doctorado en Ingeniería y, además, es profesora de la materia Análisis de estructuras.

Fernando Osorio Vergara

Ingeniero civil y magíster en Ingeniería, Universidad EAFIT. En esta Institución es estudiante en la actualidad del doctorado en Ingeniería y, además, es profesor de la asignatura Dinámica estructural.



Robinson Henao

La profesora Ana Beatriz Acevedo, junto con su equipo de Ingeniería Civil, lidera el estudio del comportamiento de las construcciones que no cumplen con la norma de sismorresistencia.