

- **ASPECTOS GEOTÉCNICOS DEL SISMO DEL 15 DE AGOSTO EN PISCO**

Manuel A. Olcese Franzero
Jorge Zegarra Pellanne

- **DEFECTOS QUE INCIDIERON EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ALBAÑILERÍA EN EL SISMO DE PISCO DEL 15-08-2007**

Ángel San Bartolomé

- **COMPORTAMIENTO DE LAS VIVIENDAS DE ADOBE REFORZADAS ANTE EL SISMO DE PISCO.**

Daniel Quiun
Angel San Bartolomé
Luis Zegarra
Alberto Giesecke

- **CARACTERIZACIÓN DE DAÑOS, REPARACIÓN Y REFUERZO EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE**

Daniel Torrealva Dávila

- **ENSEÑANZAS DEL SISMO DEL 15 DE AGOSTO DE 2007**

Antonio Blanco

LABORATORIO DE ESTRUCTURAS ANTISISMICAS

El laboratorio de estructuras antisísmicas del departamento de ingeniería, con más de 28 años de experiencia, cuenta con equipo e instalaciones que permiten la ejecución de ensayos estáticos y dinámicos en especímenes a escala natural o reducida. Se dispone de equipo para construcción y traslado de especímenes, montaje de dispositivos, aplicación de carga, medición, adquisición y procesamiento de datos.

En el laboratorio se desarrollan tres tipos de actividades:

- Apoyo a los cursos de Pre-Grado y Maestría.
- Investigación en materiales locales para mejorar su comportamiento sísmico.
- Servicio técnico a la industria de la construcción.

Los ensayos que habitualmente se realizan son:

- I. Ensayos mecánicos: compresión, tracción, flexión, compresión diagonal, corte, impacto, etc. en distintos materiales y elementos estructurales.
- II. Carga horizontal monótonica y cíclica en sistemas y componentes estructurales.
- III. Simulación sísmica en modelos a escala natural y reducida.
- IV. Verificación de equipo de aplicación de carga. Se cuenta con celdas de carga patrón calibradas en el National Standard Testing Laboratory, U.S.A.
- V. Compresión en probetas estándar de concreto.
- VI. Determinación de la calidad del concreto fresco in-situ.
- VII. Determinación de la calidad y uniformidad del concreto endurecido in-situ mediante probetas diamantinas y esclerometría.
- VIII. Evaluación de la capacidad de estructuras mediante pruebas de carga.
- IX. Consultoría en temas de estructuras y de hepatología estructural en general.



Informes

Jefe de Laboratorio: Ing. Gladys Villa García Medina

Teléfono: 626-2000 anexo 4640,

Fax: 629-2089

E-mail: ledi@pucp.edu.pe

PRESENTACIÓN

Grandes terremotos ocurridos en nuestro país, siempre han generado pérdidas de vidas humanas, serios daños materiales incluso de monumentos históricos, redes viales y de la infraestructura industrial de la zona afectada, provocando retrasos en su desarrollo. Sin embargo, estos sismos nos proporcionaron también lecciones que aprender.

El denominado “Sismo de Pisco” ocurrido el 15 de agosto del 2007 no fue la excepción, a pesar que poco antes, en el llamado “Sismo del Sur” del 2001, se había comprobado, por ejemplo, la efectividad de ciertas técnicas de refuerzo aplicadas previamente en viviendas de adobe. Pese a su sencillez y economía, estas técnicas no se aplicaron, excepto en 3 viviendas piloto, y el daño en las viviendas de adobe fue masivo en la zona afectada por el sismo de Pisco, volviéndose a repetir la historia.

De este modo, con el objetivo principal de que se adopte una política preventiva ante los sismos futuros, la Sección Ingeniería Civil del Departamento de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, difunde en esta edición cinco artículos relacionados al “Sismo de Pisco”, donde los profesores de esta Sección han volcado sus experiencias y conocimientos productos de muchas investigaciones.

Ángel San Bartolomé

Coordinador de Investigaciones

Sección Ingeniería Civil



- **ENSEÑANZAS DEL SISMO DEL 15 DE AGOSTO DE 2007**

Antonio Blanco

ENSEÑANZAS DEL SISMO DEL 15 DE AGOSTO DE 2007

Antonio Blanco (Profesor de la PUCP)

I. GENERALIDADES

El sismo del 15 de agosto, con epicentro cercano a Pisco, ha tenido una magnitud de 7 grados en la escala de Richter e intensidades variables de V a VII en la escala de Mercalli, dependiendo de las ciudades donde ha sido sentido. El sismo ha tenido aceleraciones del orden de 0.4g en la zona de Pisco y del orden de 0.08g en Lima. Puede ser clasificado como un sismo moderado, pero de larga duración.

En Lima, no se han producido daños en los elementos estructurales, excepto en la tabiquería de ladrillo de edificios, principalmente de 8 a más pisos. En los distritos del sur de Lima, los daños han sido más importantes por la menor calidad del suelo de cimentación.

En Pisco, Chincha, Ica, Cañete, Mala, y diversos distritos y pueblos aledaños, se han producido muchos daños en construcciones de adobe, pero también en estructuras de concreto armado y albañilería.

2. OBJETIVOS DEL DISEÑO SISMORRESISTENTE Y DAÑOS EN TABIQUES

El objetivo del diseño sismorresistente es evitar el colapso de las edificaciones y la pérdida de vidas humanas, si el sismo es severo. Si el sismo es moderado, se aceptan daños en los elementos denominados no estructurales, como son los tabiques de ladrillo, los parapetos, las mamparas y ventanas, etc. Cuando un sismo es leve, no deben ocurrir daños ni en la estructura ni en la tabiquería.



Figura 1. Grieta vertical y diagonal en tabiquería.

En este contexto, debemos aceptar que, en los edificios de cierta altura (más de 8 pisos), se hayan producido daños en la tabiquería de ladrillo, los cuales han sido leves o importantes dependiendo de las rigideces laterales de los edificios y del tipo de tabiquería usada en cada caso.

Cuando ocurre un sismo, se tienen desplazamientos relativos entre piso y piso, los que son resistidos por los elementos de concreto armado sin mayor problema, pero no así por los tabiques de ladrillo, que tienen menos capacidad de deformación. Al tenerse un desplazamiento relativo en un determinado nivel, el tabique siente una deformación lateral, pues está unido con mortero al techo, y lo primero que ocurre es la formación de una fisura horizontal en la unión tabique-techo. Algo similar ocurre en la unión vertical que hay entre tabiques y columnas o placas, por lo que también es frecuente la aparición de fisuras verticales. Si los desplazamientos son mayores, se suelen presentar fisuras en forma diagonal en el tabique de ladrillo, lo que ya indica un trabajo estructural de este elemento, que no tiene capacidad para resistirlo.

Actualmente, se usan tabiques más delgados y sin tarrajeo (solo empastados), lo que hace que las fisuras se produzcan con mayor facilidad. En algunos sistemas, no hay unión de mortero entre unidades de ladrillo o bloques, y solo se tienen refuerzos de acero cada cierta distancia, por lo que se ha advertido la presencia de fisuras verticales en las uniones de las unidades de albañilería.

Las fisuras de los tabiques no deben preocupar a la sociedad, salvo en el caso de tabiques que se puedan desplomar transversalmente, pues lo que interesa es que la estructura de concreto armado (columnas, vigas, y placas o muros) hayan podido resistir las deformaciones y esfuerzos ocasionados por el movimiento sísmico.

En el caso de Lima, no se conoce ningún caso de algún edificio alto con problemas en su estructura debidos al sismo del 15 de agosto.

3. PROBLEMAS EN ESTRUCTURAS DE CONCRETO ARMADO Y ALBAÑILERÍA

En Pisco, Chincha, Ica, y otros distritos y pueblos del sur, se han presentado daños de diversos tipos en edificaciones de albañilería de uno, dos y tres pisos, y edificaciones de concreto armado (con tabiques de ladrillo) de tres, cuatro y cinco pisos, por las deficiencias de diseño y construcción que son comunes en el interior del país.

Los problemas históricos se relacionan con la existencia de muros portantes solo en una dirección de las viviendas (generalmente, en la dirección perpendicular a la fachada) y la existencia de pórticos principales solo en una dirección de la planta (columnas con mayor dimensión orientadas en la dirección "principal", donde también hay vigas peraltadas, mientras en la dirección transversal se tienen vigas y columnas "chatas").

Salvo pocas excepciones, no se han encontrado edificios de departamentos o de oficinas u hoteles que tengan muros de corte o placas de concreto armado en Pisco ni en Chincha. Sin embargo, en Lima y otras ciudades, se usan placas de concreto armado para mejorar la rigidez lateral y la resistencia frente a sismos, desde hace más de treinta años. Desgraciadamente, se sigue pensando que los pórticos de columnas y vigas, con dimensiones normales de 25x50 o 30x60cm, son suficientes para soportar las fuerzas laterales en edificios de 4 o 5 pisos, lo que no es correcto.



Figura 2. Edificio con muros portantes solo en la dirección perpendicular a la fachada.

Nuestra Norma de Diseño Sismorresistente se modificó en 1997 (después del sismo de Nazca) y, luego, en el 2003, buscando que las estructuras tengan mayor rigidez lateral. Esto significa que el objetivo es que tengan menos deformación lateral entre piso y piso, pues se sabe que así se tendrán menos daños en la estructura y en los elementos no estructurales.

Un segundo problema es el fenómeno de columna corta, producido por la presencia de algunos parapetos de ladrillo con ventanas altas, que restringen el movimiento de algunas columnas del edificio, lo que origina concentración

de rigidez y de esfuerzos en ellas, y su consiguiente falla. Este problema ya es conocido desde los terremotos de 1966 y 1970, y se ha intentado resolverlo separando las columnas de los tabiques con juntas rellenas de "tecnopor". Sin embargo, en los sismos de Nazca de 1996 y de Arequipa y Moquegua del 2001, se observó que la inclusión de estas juntas no fue suficiente para evitar el choque entre columna y parapeto con ventana alta. Además, se observó que, en la mayoría de los casos, las juntas estaban tarrajeadas y rellenas, por lo que no funcionaron como una verdadera junta.



Figura 3. Parapetos de ladrillo que restringen el movimiento de las columnas de la edificación ocasionando el efecto de columna corta.

En este último terremoto, en Pisco, Chincha e Ica, hay muchos casos donde el problema de columna corta se ha repetido. No se creía posible que un tabique de ladrillo termine rompiendo una columna de concreto y no se le dio importancia a las juntas de separación. Si, además, los edificios tuvieran algunos muros de ladrillo gruesos que sí llegaran al techo o placas de concreto armado, no se habría presentado estas fallas, pues se hubieran controlado mejor los desplazamientos.

4. PROBLEMAS EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE

El adobe es un material de buenas características térmicas y acústicas, pero de malas características sismorresistentes. Esta afirmación es válida para las construcciones antiguas y para las nuevas, pues se siguen usando muros de adobe sin ningún refuerzo.

En la Pontificia Universidad Católica del Perú y en la Universidad Nacional de Ingeniería, con recursos propios, con ayuda internacional y con recursos de SENCICO, se han realizado muchas investigaciones tratando de mejorar el comportamiento del adobe, las que han dado origen a La Norma Peruana de Adobe, que pertenece al Reglamento Nacional de Edificaciones.

Sin embargo, es muy raro encontrar una construcción de adobe que tenga soleras de madera, cañas verticales u horizontales, mallas de refuerzo, etc., que son las distintas técnicas investigadas y que se ha comprobado que mejoran enormemente el comportamiento de las edificaciones de adobe, evitando su colapso.

Todas estas son evidencias que no se pueden ocultar. Por otro lado, tampoco podemos ocultar que un 45 ó 50% de la vivienda en el Perú es de adobe y que es parte de nuestra realidad nacional. El problema es cómo hacer para que, si se desea construir en adobe, se cumplan las exigencias de la Norma.

Lo más recomendable es que, para la reconstrucción de viviendas de la ciudad, se haga uso de albañilería confinada, una técnica constructiva que se sabe hacer bien y que se ha comprobado que funciona adecuadamente. Solo hay que obligar a tener muros en las dos direcciones de las viviendas y adecuada cimentación.

Solamente debe permitirse la construcción en adobe en zonas rurales, con casas separadas, como sucede en los fundos, caseríos, comunidades indígenas. No se debe permitir que, en zonas urbanas, con lotes frente a calles, se tengan casas de adobe. La excepción sería el caso de proyectos de adobe reforzado.

5. PROBLEMAS EN PLAYAS

En diversas urbanizaciones de playas del sur, se han tenido problemas relacionados con deslizamientos de taludes, licuefacción de las arenas y mala construcción. Se han producido daños importantes en diversas casas ubicadas entre el Km 60 y el Km 130 de la Panamericana Sur, con problemas serios en el Km 111.

Desgraciadamente, estas construcciones han sido formales y, por lo tanto, representan un revés para la ingeniería nacional, pues se ha tenido proyecto y obra ejecutada y supervisada por compañías e ingenieros.

El exceso de confianza en las bondades de taludes de arena o el hecho de construir en zonas donde se conoce que puede haber problemas de licuefacción de arenas han sido las causas principales de los problemas sucedidos. No se descartan problemas en el diseño de cimentaciones.



Figura 4. El deslizamiento ocurrido en las playas del sur ocasionó problemas en la cimentación de las edificaciones.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

El Laboratorio de Mecánica de Suelos fue creado en el año 1966, a partir de una donación de equipos que hiciera la Dirección de Caminos del entonces Ministerio de Fomento y Obras Públicas a nuestra Universidad. Estos equipos fueron destinados fundamentalmente para la docencia; instalados y calibrados conjuntamente por personal de la Universidad y del Ministerio, con la colaboración de un experto de la Misión Renardet. El área de Laboratorio de Mecánica de Suelos, incluyendo oficinas es de 738 m².



Con el transcurrir del tiempo, el laboratorio se fue equipando con recursos propios de la Universidad, con equipos modernos y con tecnología de punta; para realizar actividades docentes; de investigación, y de servicio de apoyo a la industria de la construcción de edificaciones, presas, carreteras, puertos,

aeropuertos, canales, etc.; así como también a los proyectos relacionados con minería en lo referente a obras civiles y relaveras.



Además de los equipos usuales para determinación de las propiedades índice, hidráulicas, de compresibilidad de los suelos, de las propiedades para el diseño de vías de comunicación y de las características de los agregados; el laboratorio cuenta con un equipo triaxial con marco de carga de 50 KN y celdas de 35 mm, 50 mm, 70 mm y 100 mm; sistema de aplicación de presión constante, aplicación de contrapresión, medición de cambio de volumen y un equipo para corte directo controlados por un sistema digital de 16 canales con sistema de adquisición de datos electrónico. Todo este sistema se encuentra controlado mediante una microcomputadora; que permite controlar el proceso de los ensayos.

Actualmente, el laboratorio cuenta con 13 celdas para los ensayos triaxiales, que permite trabajar varios especímenes en forma simultánea. Adicionalmente, a los ensayos triaxiales rutinarios No Consolidado No Drenado, Consolidado No Drenado y Consolidado Drenado de compresión, también disponemos de equipos para realizar ensayos de Extensión Triaxial.

Además de ensayos, el laboratorio realiza Estudios de Mecánica de Suelos de acuerdo a la Norma NTE E-050 para el diseño de cimentaciones; y Diseño de Pavimentos, peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas.

El personal profesional y técnico del laboratorio cuenta con más de treinta años de experiencia y está capacitado para una rápida respuesta a quienes desarrollan, ejecutan y supervisan proyectos de ingeniería civil, minería y de la industria en general, proporcionando asistencia en el área de geotecnia en forma eficaz, independiente e imparcial.

Los principales servicios que realiza el laboratorio son:

- Ensayos de mecánica de suelos para determinación de propiedades índices
- Ensayos para control de calidad de los materiales que se emplearán para la fabricación de concreto, y materiales para la construcción de pavimentos
- Ensayos para la determinación de las propiedades físico-mecánicas e hidráulica de los suelos
- Estudios de Mecánica de Suelos y Diseño de Pavimentos
- Peritajes y evaluaciones forenses geotécnicas de cimentaciones y en general consultoría relacionada a la especialidad de ingeniería geotécnica.

