

IMPORTANCIA DEL SUELO EN LA PUESTA EN VALOR DE EDIFICIOS PATRIMONIALES EN ZONA SÍSMICA

Maldonado, Ignacio; Maldonado, Noemí; Martín, Pablo

*Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica,
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza*

Rodríguez 273 – Ciudad - Mendoza

maldonadogecotecnia@yahoo.com.ar; ngm@frm.utn.edu.ar; pablo.martin@frm.utn.edu.ar

RESUMEN

Las intervenciones en edificios patrimoniales de uso público en zona sísmica deben ajustarse a los requerimientos de seguridad reglamentarios. La modelación mediante elementos finitos para estudiar el comportamiento del edificio bajo acción sísmica implica además de los ensayos tradicionales de la geotecnia, el uso de ensayos no tradicionales como la medición de ondas o monitoreo de vibraciones ambientales.

En el caso de edificios patrimoniales de mampostería son de vital importancia las condiciones de mantenimiento, debido a las patologías que pueden afectar su seguridad estructural frente a la acción sísmica.

En el análisis de la puesta en valor de las fundaciones de edificios patrimoniales se debe considerar en el diseño las distintas alternativas disponibles para los trabajos in situ, en función de la disponibilidad de acceso a las mismas y de la tecnología local, ya sea para la refuncionalización de las mismas o bien buscar profundidades necesarias para compatibilizar las presiones que trasmite al suelo el edificio en estudio y la capacidad portante del mismo. En este trabajo se evalúa la importancia del suelo en dos edificios escolares patrimoniales.

1. INTRODUCCIÓN

Las fundaciones de edificios patrimoniales de la Provincia de Mendoza se han hecho de piedra o de canto rodado con muy poco material cementante y en algunos casos contienen restos de ladrillos o cascotes [1],[2]. La mayoría de ellos fueron construidos a principios del siglo XX y no contienen previsiones sismorresistentes. El criterio de diseño de sus fundaciones ha sido el de la práctica según usos y costumbres de la época, que no incluía ninguna evaluación del suelo frente a la acción sísmica ni conceptos de deformaciones.

Los resultados del comportamiento del suelo se reflejan en los problemas de patologías asociados con el uso y el mantenimiento. Al tratarse de construcciones, en general de mampostería artesanal cerámica cocida, de espesor superior a 0,40 m y alturas mayores a 4,00 m, con fundaciones poco robustas, el peso propio empieza a ser significativo para un suelo de baja capacidad portante y susceptible a los cambios de humedad. Un ejemplo se puede encontrar en los asentamientos detectados y en los aportes de humedad, de un templo (Figura 1), donde se pueden observar los daños que se han manifestado luego de un sismo. El perfil del suelo de ese templo presenta 2.00m de rellenos y escombros, luego 3.00m de limos de baja plasticidad (ML), posteriormente continúa con 2.00m de arenas con gravas (SP) y finalmente subyacen gravas mal graduadas (GP). Las fundaciones se inician a partir de los 2.00 m de profundidad, de ahí la integridad a la estructura de mampostería

pero su afectación debido al mal funcionamiento de desagües pluviales y cloacales es evidente en la mampostería [2].



Figura 1: Daños en mampostería por sismo en paredes y arcos y presencia de humedad por pérdidas en desagües [2].

Dos estudios de edificios escolares de la primera década del siglo XX, la escuela Bartolomé Mitre y la escuela Antonio Zinny, muestran las diferencias de comportamiento estructural, ante distintas intervenciones en los edificios y la importancia del conocimiento del suelo para considerar su adecuación a los requerimientos sismorresistentes.

La Provincia de Mendoza tiene reglamentados los estudios de suelos para obras nuevas, Decreto 3614/87 [3], pero para fundaciones existentes se hace necesario la aplicación de técnicas de evaluación mediante ensayos no tradicionales (ensayo lateral de placa) o ensayos no destructivos (medición de velocidad de onda de corte en laboratorio o campo, microvibraciones, ensayo de refracción sísmica, análisis espectrales de ondas superficiales, ensayo up-hole, etc), ya que las cimentaciones no están a la vista y su acceso puede estar parcial o totalmente limitado por la arquitectura patrimonial existente (pinturas, molduras, terminaciones especiales, etc).

Los aportes de un estudio de suelos completo permite la modelación del edificio para verificar el comportamiento estructural anómalo y para evaluar el comportamiento de la intervención ante la acción sísmica local. Las reglamentaciones vigentes, locales y nacionales, [4],[5], establecen las pautas de seguridad que deben alcanzar las construcciones existentes, en especial cuando se destinan al uso público.

2. EDIFICIOS PATRIMONIALES EVALUADOS

2.1. Escuela Bartolomé Mitre

Es un edificio de mampostería monumental, diseñado para uso escolar, con patios interiores, rodeados de aulas, de ladrillo artesanal cerámico cocido, asentado con mortero de cal y con revoque cementicio. El techo es de caña y barro y cubierta de chapas de zinc; con la estructura de sostén de escuadrías de madera. Según se expone en las crónicas de la época, la evolución de su construcción se vió afectada por inconvenientes de la política local, con sucesivas detenciones de obra y disminución de la calidad en función de los presupuestos [6] hasta su habilitación.

El edificio original ha tenido distintas intervenciones, y algunas de ellas han generado aún más problemas de patologías. El efecto de los sismos ha sido muy importante por los daños que produjo en la mampostería. La primera intervención, posterior al terremoto de Lavalle de 1927 originó la colocación de tensores a nivel de encadenado, en una única dirección, solución no suficiente para lograr un comportamiento estructural adecuado. El terremoto de Mendoza de 1985 originó el agrietamiento de la mampostería a 45° y el desalojo del edificio. Un sismo importante de agosto de 2006 generó la separación de la fachada (Figura 2).

Otra intervención que trajo aparejados problemas fue el reemplazo de los pisos de madera por piso de mosaico, con anulación de las cámaras de aire, que evitaban la humedad en las paredes. A ello se le suman criterios técnicos de mantenimiento no adecuados como la pintura al aceite en aulas hasta una altura de 1.50m, que desplazó en altura la aparición de la humedad en los muros de mampostería, con el correspondiente deterioro.

Desde el punto de vista del comportamiento del suelo, la ausencia de mantenimiento en los sistemas de desagüe pluvial y cloacal generaron pérdidas de agua importantes que afectaron el comportamiento del suelo existente y afectaron las fundaciones del edificio, produciendo importantes asentamientos y el consiguiente estado de fisuración en la mampostería portante existente (especialmente en arcos).



Figura 2: Estado actual de la fachada y del interior del edificio escolar

Durante las investigaciones para su puesta en valor se han realizado dos estudios de suelos, uno en 1999 y otro en 2010 [7].

La Figura 3 presenta la ubicación de los sondeos practicados. El perfil de suelos de los sondeos permite identificar un suelo plástico (CL) hasta los 4,50m de profundidad, continuo, fácil de excavar y sensible a los cambios de humedad y luego un suelo granular, mezcla de clastos redondeados y subangular (GP) con pocos finos, hasta los 9,00m. El número de golpes de los ensayos SPT variaron entre 4-5 para el suelo superior a 32-38 para el manto granular.



Figura 3 Plano de planta de la escuela

Esta exploración geotécnica ha permitido estudiar la fundación existente: cimientos de cantos rodados y trozos de mampuestos, entre 0.90 a 1.00m de profundidad y del espesor del muro + 0.10m, continuos y sin conexión estructural a la mampostería.

Para evaluar el compromiso que presenta el edificio actual, se modeló mediante método de los elementos finitos [8], introduciendo una deformación predefinida del mismo orden de daño que presenta el desplazamiento de la fachada (0,02m) para evaluar el estado tensional y verificar que la estructura está fisurada debido a que se ha superado más de 2 veces su estado de servicio (47 vs. 115 kN/m²) como se presenta en los resultados de modelación del suelo en la Figura 4.

La medición de vibraciones ambientales (tránsito intenso habitual) también verificó la necesidad de mejorar el estado actual de distribución de cargas de las fundaciones para atenuar la fisuración [7].

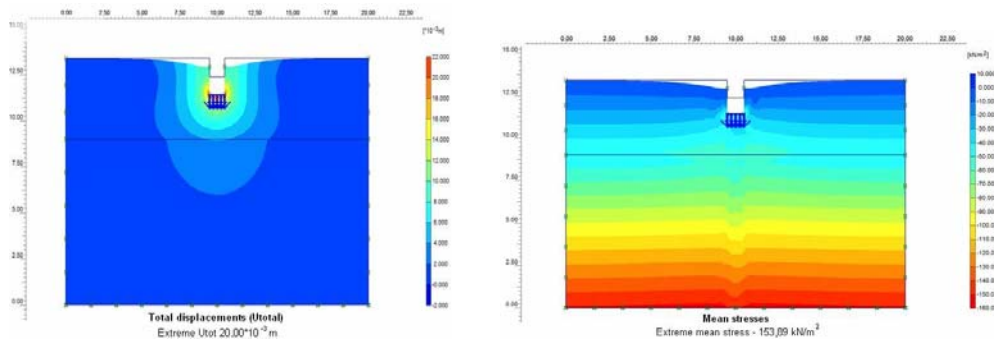


Figura 4: Estado tensional en el suelo de fundación

Para la puesta en valor del edificio, se pueden elegir diferentes métodos de intervención en la cimentación. La elección estará directamente relacionada al conocimiento del arte y a la oportunidad técnico-económico del medio. Se pueden disponer de procedimientos superficiales (refuerzo, ampliación o sustitución), procedimientos profundos (recalces por pozos o micropilotes) o procedimientos de mejoramiento del suelo circundante, según la disponibilidad de tecnología y las condiciones del entorno [8].

En el caso de la escuela Mitre, una problemática importante en cuanto a las colindancias, es que está rodeada de edificios construidos, por lo tanto no son totalmente aplicables los procedimientos superficiales y no se dispone de grandes

espacios libres para ubicar equipos de hincado. Se considera viable colocar pilas de hormigón armado, distribuidas uniformemente, que trasladen las cargas al manto granular. Para asegurar el reemplazo de los cimientos se proponen vigas de vinculación rígidas entre pilas, con la inserción de columnas necesarias para conformar los planos resistentes de los muros de mampostería del edificio, las que conectan las cabezas de las pilas.

2.2. Escuela Antonio Zinny

Es un edificio de mampostería cerámica maciza, diseñado originariamente para usar como dormitorio del personal del ferrocarril. La calidad de su construcción estuvo en función del uso de la época de construcción. Presenta un techo liviano de cabriadas de madera y caña [9]. Los cambios políticos convirtieron a este edificio en escuela, ya que se encuentra en la misma manzana con otro edificio de mampostería de la misma época (Figura 5).

El edificio original ha tenido escasas intervenciones, siendo la más importante la debida a un incendio, donde se reemplazó un sector de la cubierta. Se detecta la incorporación de revoques cementicios e instalaciones de agua, eléctricas y de gas.

Se han mantenido los pisos flotantes de madera con cámara de aire hasta la fecha, no presentando afectadas las condiciones de habitabilidad. El terremoto de Mendoza de 1985 y de 2006 han producido algunos desplazamientos en la cubierta liviana, no afectando la estructura de mampostería (Figura 6).

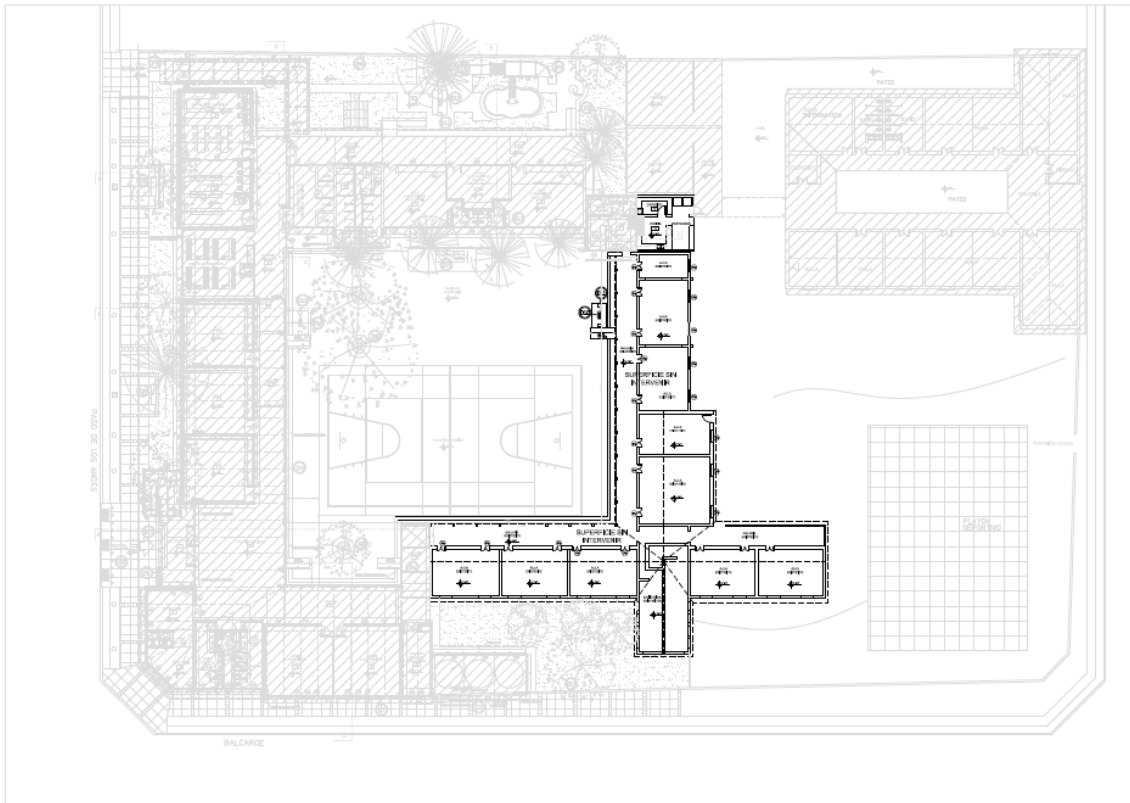


Figura 5: Ubicación de la escuela Zinni en la manzana



Figura 6: Estado actual de la escuela Antonio Zinny

Un estudio de suelos realizado en la adyacencia del edificio patrimonial, permite identificar una arena fina limosa (SM) hasta los 5,00m con valores de golpes de SPT entre 8-10 y luego la presencia de gravas mal graduadas (GP). El tamaño de los cimientos responde a técnica constructiva tradicional de mezcla de canto rodado y trozos de ladrillos con mortero cementante, de profundidad variable, no superior a 1.00m y de espesor igual al del muro más 0.10m [9]. El comportamiento de las fundaciones en el tiempo indican a una mejor capacidad portante del suelo.

La disponibilidad de espacio físico para acceder a las fundaciones existentes permite evaluar distintas alternativas económicas de refuerzo o ampliación de fundaciones superficiales en el proceso de puesta en valor que se lleva a cabo, ya que al inaugurarse una ampliación del edificio, por razones de seguridad no se puede mantener la construcción patrimonial con distinto nivel de seguridad y el mismo uso.

En el caso de este edificio se puede observar que el adecuado mantenimiento de sus cámaras de aire y de las instalaciones, no ha producido daños significativos en la estructura, lo cual redundará en un menor costo de los trabajos de rehabilitación.

CONCLUSIONES

Para modelar el comportamiento del suelo bajo una fundación son necesarios además de los parámetros mecánicos tradicionales, otros parámetros obtenidos de ensayos no destructivos, que permiten considerar en forma más exacta los módulos de deformación, con el objetivo de valorar en forma real el estado de deformación de la fundación y la capacidad portante del suelo.

Las tareas relacionadas con la puesta en valor de las fundaciones de edificios patrimoniales no sólo se limitan a un cálculo de fundaciones de rutina, sino que además de su modelación, se deben analizar las distintas alternativas posibles, su factibilidad en función de la disponibilidad de acceso a las mismas y de la tecnología local para alcanzar las profundidades necesarias a los estratos portantes, y la consideración de los costos económicos asociados a cada solución propuesta.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte del Proyecto PICTO RS 255 de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza, Agencia Nacional para la Promoción Científica y Tecnológica FONCYT y Gobierno de Mendoza. Los autores desean agradecer al personal técnico de la UTN: Sebastián Panella, Juan Carlos Palencia, Alfredo Cueto, Claudio Dagne, Sergio Acosta, Adrián Fantinel, Juan Pablo Cordone, Diego Novillo y Marcelo Guevara, a los profesionales de la Subdirección de Patrimonio de la Provincia de Mendoza: Liliana Girini, Silvia Salustro, Mercedes Castro, Marcos Cannepuccia, Emanuel Fernández, Graciela Moretti y a los profesionales de la Dirección General de Escuelas: Gisella Hassekief, Gladys Obredor, que han colaborado en el desarrollo del trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Gobierno de Mendoza. (2007). "Concurso Nacional de Anteproyectos para la Recuperación y Refuncionalización del Edificio de la Subsecretaría de Turismo, Ex Jockey Club como Centro de interpretación de Mendoza e Ideas para el Entorno Urbano". Formato electrónico.
- [2] CeReDeTeC. (2002). Informe técnico sobre Iglesia de la Merced. pp.15.
- [3] Gobierno de Mendoza. (1987). Decreto 3614 del 08/10/1987.
- [4] Gobierno de Mendoza. (1987). Código de Construcciones Sismorresistentes de Mendoza.
- [5] INTI-CIRSOC. (2009). Reglamento de Construcciones Sismorresistentes INPRES-CIRSOC 103. Tomo I.
- [6] Informe AHTER – INCIHUSA – CONICET. (2007). 2º Etapa: Diagnóstico y Pronóstico. ExEscuela Bartolomé Mitre. pp. 54.
- [7] CeReDeTeC. (2010). Informe técnico 15/2010. Ex Escuela Bartolomé Mitre. pp.67.
- [8] Maldonado N.G., Martín P.E., Maldonado I.A.(2011). "Seismic Mitigation of a Historic Masonry Building", Journal Open Construction and Building Technology (en prensa)
- [9] Dirección General de Escuelas.(2011). Documentación gráfica Esc. Antonio Zinny.