

El Sismo del 07/09/200404, en la provincia de Catamarca: Evaluación de Daños en Edificios Históricos.

Ing. Carlos A. Rodríguez
Ing. Oscar Dip
Ing. Raúl Benito
Ing. E. Galíndez

Instituto de Estructuras (U.N.T.)
Av. Roca 1800 – S.M. de Tucumán – sat@unt.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo, se presenta una evaluación de los daños observados en edificios históricos de la provincia de Catamarca, tras la actividad sísmica regional que comenzara en el mes de Septiembre de 2004. En particular, se destacan los daños registrados en el Seminario Conciliar Diocesano, el antiguo Hospital San Juan Bautista, la Iglesia y Convento de San Francisco, Catedral Basílica Nuestra Señora del Valle y el Colegio Nacional Dr. Fidel Mardoqueo Castro, todos ellos, sitios en la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Asimismo, se presentan recomendaciones sobre intervenciones estructurales formuladas por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES) para escuelas, hospitales y templos las que fueron vertidas en el informe elevado hacia el Poder Ejecutivo Nacional en el mes de octubre de 2004. Finalmente, se muestra el avance de las tareas de rehabilitación y refuerzo que se llevan a cabo a la fecha en dicha provincia y las dificultades de carácter no técnico, que se presentan para llevar adelante las mismas.

1.- INTRODUCCION

El sismo de 6.5 grados en magnitud Richter, ocurrido en la provincia de Catamarca, a las 8:53 A.M. (hora local) del 7 de Septiembre de 2004, cuyo epicentro se ubicara a 50 kilómetros al Suroeste de la Ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, y a 57 km de profundidad de las estribaciones sur de la Sierra del Ambato, en las cercanías de la Población de Los Ángeles, departamento Capayán, fue percibido con intensidad VI de la escala Mercalli Modificada en la ciudad capital de esa provincia.

Este evento sísmico, es considerado como moderado, generalmente tienen corta duración y consisten en unos pocos pulsos de frecuencias muy altas que no producen una respuesta cíclica. Normalmente, presentan efectos de directividad, esto es una componente bastante más intensa que las demás. En este caso particular, el mecanismo focal del sismo muestra una clara directividad en la dirección norte – sur que produce una componente intensa en dirección este – oeste. El relevamiento de daños que se realizó muestra que los mismos se concentran en esta dirección no exhibiendo trabajo cíclico.

Dicha intensidad, constituye el umbral de daño sísmico en las construcciones, razón por la cual, en una primera evaluación realizada por el gobierno provincial, transcurridas las primeras setenta y dos horas post terremoto, se estimaba que no menos de trescientas edificaciones se encontraban dañadas a causa del sismo.

Se debe recordar que la provincia de Catamarca, se encuentra tipificada dentro de la zona sísmica II, peligrosidad sísmica moderada, según la normativa vigente, INPRES CIRSOC 103, (Ver Figura 1). No obstante ello, la vulnerabilidad sísmica de las construcciones es elevada (grado de exposición que tienen las estructuras frente a las acciones dinámicas ocasionadas por un sismo). Esto se debe, a que en el territorio provincial existe un significativo número de viviendas construidas sin previsiones sismorresistentes, entre las cuales, se incluye un importante porcentaje realizadas con adobe, lo cual implica que el riesgo sísmico existente en la provincia de Catamarca deba considerarse como elevado, (se debe recordar que el riesgo sísmico se define como el producto del peligro sísmico por la vulnerabilidad sísmica).

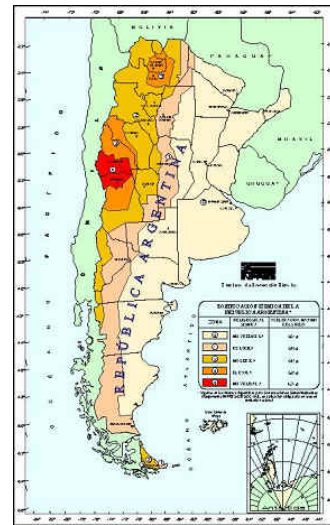


Figura 1



Figura 2

En la imagen de la izquierda, (Fig. 2, foto de Diario El Ancasti, Catamarca), se observa una familia residente en la localidad de Los Ángeles, con su vivienda de adobe y piedra, totalmente destruida, tras la ocurrencia del sismo. Los sistemas de seguridad social con que cuenta la provincia de Catamarca, se encontraron muy comprometidos frente a la cantidad de damnificados que ocasionó el evento sísmico.

El mencionado sismo, fue percibido en un amplio radio de acción que incluye a las provincias de Santiago del Estero, San Luís, San Juan, Córdoba, Santa Fe, Corrientes, Entre Ríos, Tucumán, Chaco, Salta, Mendoza, Buenos Aires y también fue percibido en Bolivia, Chile y Paraguay.

En particular, fuera de la provincia de Catamarca, el principal daño originado por el sismo se produjo en la localidad de Aimogasta, departamento Arauco, provincia de la Rioja, dónde las acciones dinámicas ocasionaron la caída de parte de la cúpula y de una de las torres de la iglesia del lugar, cuya construcción data de aproximadamente de 200 años y que como puede verse en la imagen de la derecha, (Fig. 3, foto del diario El Independiente, La Rioja) se encuentra construida con adobe.



Figura 3

Es conocido que la provincia de Catamarca, cuenta con un importante patrimonio arquitectónico cultural, del cual en las primeras horas posteriores al sismo, el Gobierno Provincial dio a conocer su situación, mediante el siguiente informe: "Catedral: grietas importantes en el pórtico de ingreso principal. En los arcos laterales a la nave principal se encuentran grandes fisuras y en la cúpula central, desprendimientos de revoques. Iglesia de San Francisco: aumento de la pérdida de verticalidad ya existente en verja del frente. Peligro de derrumbe. Teatro del Sur: se detectaron agrietamientos de mampostería perimetral. - Antiguo Hospital San Juan Bautista: desprendimiento de cornisas en bloques de mampostería exterior; cielorrasos con agrietamientos. Iglesia de Choya: Presenta daño estructural en el atrio y donde se encuentra la campana y no en el edificio principal. La Iglesia de San José (Piedra Blanca) fue apuntalada, ya que se encontraba a punto de derrumbarse, como también la Iglesia de La Merced (Villa Dolores). Hay varias iglesias del interior que se encuentran con daños, tales como la de Concepción, Nuestra Señora de La Candelaria (Tinogasta), San Nicolás de Bari en San Pablo de Capayán, entre otras"

2.- EVALUACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Entre los días 27 a 30 de Setiembre de 2004, una comitiva nacional integrada por profesionales de la Dirección Nacional de Arquitectura, Ministerio de Salud, Ministerio de Educación, Instituto de Estructuras (UNT) y presidida por el INPRES, relevó los daños ocasionados por el sismo y sus réplicas, (se registraron más de mil) en establecimientos educacionales, del área salud y en templos. La figura 4 muestra daños sísmicos en una posta sanitaria ubicada en la zona de Pomancillo, a 25 km de la capital provincial.



Figura 4

En este trabajo, a modo de sinopsis de aquel informe, se presentan los daños observados y registrados en los siguientes edificios:

Antiguo Hospital San Juan Bautista



Figura 5

El edificio del ex hospital San Juan Bautista fue inaugurado en el año 1881. Allí funcionan escuelas de artes, teatro y artesanías, dependencias del Ministerio de Educación, el canal de TV de la provincia y otros organismos. La figura 5 muestra su fachada principal. La construcción está formada por varios cuerpos. En general, la estructura consiste en muros de mampostería no encadenada de ladrillos cerámicos macizos con espesores variables y alturas superiores a los seis metros.

Los techos, en general se encuentran conformados con bovedillas de ladrillos cerámicos macizos y perfiles metálicos. Existen diferentes tipos de cubierta de techo: tejas españolas, chapa metálica, bovedilla con perfiles metálicos, etc.

Evaluación de Daños: Se observan gran cantidad de grietas, algunas de ellas preexistentes al sismo, pues su mantenimiento hasta ese momento era nulo. Se registraron caídas de pesadas balaustradas, en algunos sectores se ha producido colapso parcial, con derrumbes de cerámicos, por quiebres de las alfajías de madera, desprendimientos de revoques, etc. (Ver Figura 6)



Figura 6

En otros sectores del edificio, como ser la galería de ingreso a la capilla también se han registrado derrumbes, el tímpano de mampostería de la bóveda de la capilla se ha despegado y varias salas que eran utilizadas por los alumnos de la escuela de artes han sufrido la caída de los techos. Ver Figura 7.



Figura 7

Por todo ello es posible afirmar que la construcción presenta alto riesgo para sus posibles ocupantes, razón por la cual se sugirió al gobierno trasladar las dependencias que allí funcionaban, hasta tanto se pueda realizar un estudio técnico del conjunto edilicio general destinado a formular una propuesta de rehabilitación acorde al destino que se le da en la actualidad.

Iglesia y Convento de San Francisco



El templo es de estilo romántico ubicada en la intersección de las calles Esquiú y Rivadavia, obra del franciscano Luis Giorgi, semejante a la fachada de la iglesia de San Francisco, en la ciudad de Salta. Es el tercero levantado en el mismo solar (1695 – 1761 y 1882). Se trata de un gran volumen sin torres, de proporciones esbeltas, organizados con órdenes superpuestos. La nave central, es de cañón corrido y arcos fajones pintados en marfil, violeta y rosa viejo, se prolonga en el presbiterio más allá del crucero. Tiene tres naves y un amplio atrio que le da gran perspectiva. El altar mayor es de mármol de Carrara y fue construido en Buenos Aires en 1916, igual que la baranda del comulgatorio. Los altares son del siglo XVIII y fueron traídos del Perú. Ver Fig. 8

Figura 8

Este edificio no fue relevado por la comitiva nacional, no obstante ello, personal del Instituto de Estructuras, realizó una inspección preliminar del mismo, donde pudo constatar la existencia de fisuras en los arcos de mampostería de las naves laterales que interesan a estas en todo su ancho, grietas en los arcos de la nave principal y desprendimientos en la cúpula del crucero. Ver Figura 9



Figura 9

Si bien el grado de daño global del edificio del templo puede considerarse como moderado a leve, las intervenciones estructurales que se realizan únicamente sobre los muros agrietados de las naves laterales, puede calificarse como menos que cosméticas, ya que se intenta enduir las mismas, para pintarlas y disimularlas a la vista.

Catedral - Basílica Virgen del Valle



Figura 10

Considerado como uno de los templos más importantes en su tipo en la Argentina. Está enmarcado entre dos altas torres en sus extremos laterales, que culminan con un reducido frontis triangular, y un imponente atrio que avanza hacia la calzada, lo que da solemne grandiosidad al edificio sacro. Las dimensiones monumentales de la nave central reflejan la grandiosidad de la Basílica. Mide 58,50 m de largo, 9,65 m de ancho y 14,65 m de alto. La Cúpula culmina a 42 m de altura. Ver Figura 10.

Tiene una nave principal y dos laterales y cuenta con varias capillas intercomunicadas (tres en el costado sur y cuatro en el norte). En 1869, tenía sólo tres naves, pero surgieron dudas cerca de la solidez de la estructura. Por tal razón, y ante la iniciativa del Vicario Segura y por consejo de técnicos, a modo de intervención estructural se levantaron las capillas laterales y los arbotantes volantes de los costados. Los pisos originalmente fueron construidos con tabloncillos de algarrobo, luego reemplazados por mosaicos marmóreos con decoraciones geométricas. El Altar Mayor fue realizado en mármol blanco de Carrara hacia 1875. Es una obra de rica ornamentación e incluye en su parte superior el trono de la Virgen del Valle.

Este edificio tampoco fue relevado por la comitiva, no obstante ello, personal del Instituto de Estructuras, también realizó una inspección preliminar del mismo, donde pudo constatar la presencia de fisuras localizadas y desprendimiento de revocos en encuentro de muro y cubierta del atrio del edificio. (Fig 11 daño leve).



Figura 11

Ya dentro del templo, fue posible advertir la existencia de fisuras en los arcos de mampostería de las naves laterales semejantes a las observadas en el templo de San Francisco. En el camarín de la Virgen del Valle, existen patrones de fisuración y humedad por infiltración pluvial, como así también una fisura vertical de ancho inferior a los 6 mm, entre el camarín y la estructura de la escalera de acceso al mismo tal como se muestra en la Figura 12



Figura 12

De la inspección realizada, puede afirmarse que el templo presenta daños leves, no obstante ello, la intervención estructural no debe tardar en realizarse, teniendo en cuenta que la humedad existente puede dañar en el corto plazo, las molduras y demás elementos arquitectónicos que ornamentan el camarín de la Virgen.

Seminario Diocesano San Juan Bautista y Virgen del Valle



Figura 13

Se trata de un edificio que fue construido en la segunda mitad del siglo XIX, proyectado y construido por el arquitecto italiano Luis Caravatti. Su estilo, tal cual se lo muestra la Fig. 13, se asemeja a la de los monasterios de la Edad Media, austero en ornamentación y en luz, mientras que su fachada tiene influencia del estilo Cisterciense-templario. Inicia sus actividades en el año 1890, bajo la responsabilidad de los integrantes de la Orden de los padres Lourdistas

Durante el transcurso de su vida, el edificio ha sido intervenido estructuralmente a través de diversas obras de ampliación y refuncionalización que fueron modificando significativamente el proyecto original.

Estructura: Muros de mampostería no encadenada de ladrillos cerámicos macizos con espesores variables y alturas superiores a los 6,0m. Techos de diferente naturaleza: Falsa bóveda de cañón corrido de mampostería de ladrillos cerámicos macizos, vigas de madera con ladrillos cerámicos macizos y cubierta de chapa metálica, entrepisos con estructura de madera, etc.

Daños: El edificio se ha visto dañado significativamente por el sismo, en particular se observa el conjunto de torres de la derecha de la fachada del edificio, donde se observan caída de revoques, molduras e importantes patrones de grietas que indican un estado de daño severo para este sector. Ver Figuras 14 y 15.



Figura 14



Figura 15

En el interior del seminario, se constató sectores del edificio que han sufrido daños severos y que en la actualidad presentan riesgo de colapso, como ser rotura y caída de parapetos, arcos de mampostería que se han fracturado y acusan desplazamientos perpendiculares a la superficie de la grieta, etc. Esta misma patología se repite en los muros de los salones de planta alta destinados a albergar a los seminaristas. Ver Figuras 16 a 20



Figura 16



Figura 17



Figura 18



Figura 19



Figura 20

La capilla del seminario, es otro de los sitios donde se registraron daños severos. Allí se observa una fisura que atraviesa la bóveda de cañón corrido en casi toda su extensión. Asimismo, los tímpanos de mampostería de esta, se han separado, e incluso una de las imágenes cayó pesadamente de su pedestal. Ver Fig. 21 a 22.



Figura 21



Figura 22

Propuesta de Acción: A fin de evitar volver a cometer los errores del pasado en dónde se realizaron intervenciones estructurales de manera puntual que alteraron severamente volúmenes, materiales y la técnica constructiva original del conjunto arquitectónico, y que no resultaron eficaces, el Instituto de Estructuras de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología y la Cátedra Estructuras I de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de Tucumán, propuso al

Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Catamarca realizar un estudio integral e interdisciplinario sobre el Seminario Conciliar Diocesano utilizando ensayos no destructivos y análisis mediante técnicas numéricas de manera de considerar la estabilidad del conjunto, a fin de poder formular una propuesta de rehabilitación estructural para el mismo. Es de hacer notar que es de suma urgencia realizar de modo preventivo una intervención estructural necesaria, destinada a prevenir el daño en las personas, controlar el deterioro acelerado que sufre el edificio y mantener a éste en condición estable principalmente frente a las acciones que ocasionan las réplicas sísmicas.

Es necesario resaltar, que la vulnerabilidad de estas edificaciones ante las acciones sísmicas, es elevado, este hecho se debe principalmente a que su sistema estructural de conjunto fue concebido como de "gravedad", en el que las acciones externas que experimentan, esencialmente se transmiten como esfuerzos de compresión excéntricos a los elementos verticales. Adicionalmente los materiales que constituyen la estructura, no tienen capacidad para resistir esfuerzos de tracción y de corte significativos.

La construcción se hacía con base en mamposterías simples (sin refuerzo) unidas con morteros pobres, cuyas secciones son de grandes espesores (masivas) con adobe, barro, ladrillo, piedras naturales o una combinación de estos materiales. Al ser básicamente mamposterías heterogéneas, sus propiedades mecánicas tienen un alto grado de dispersión. La figura 23 muestra un muro del convento de San Francisco en la Provincia de Catamarca. Asimismo, se desea destacar que este tipo de construcciones, han acumulado durante su "vida útil", problemas de inestabilidad progresiva debido al deterioro por la falta de mantenimiento, ya que su exposición a los factores de meteorización degrada la capacidad de los materiales, además del deterioro provocado por la acción recurrente de los sismos.



Figura 23



Figura 24

Al momento de escribir este trabajo, aún no se ha firmado el convenio con las autoridades de la provincia de Catamarca y la única previsión adoptada ha sido desalojar a los ocupantes del edificio y colocar una improvisada cerca de tablonces de madera en la vereda, en coincidencia con el núcleo de dos torres situado a la derecha de la entrada principal, tal como puede apreciarse en la imagen que muestra la Figura 24, tomada con fecha 7 de Junio de 2005, vale decir diez meses después de haberse producido el sismo.

Colegio Nacional “Dr. Fidel Mardoqueo Castro”



Este edificio, fue inaugurado el 1 de marzo de 1865 y lleva el nombre de su primer director Dr. Fidel Mardoqueo Castro. Se encuentra catalogado como monumento histórico provincial. El sector antiguo, esta compuesto por muros de mampostería no encadenados de ladrillos cerámicos y combinaciones con piedra, con una altura aproximada de seis metros. La estructura del techo esta constituida por cabriadas de madera con cubierta de ladrillos macizos y tejas asentadas sobre mortero. Mientras que el edificio nuevo consta de un cuerpo de dos plantas con vigas y columnas de hormigón armado. El entrepiso está constituido por losas de hormigón armado. El techo es de estructura metálica liviana con cubierta de chapa. La Fig. 25 muestra su fachada en el siglo pasado

Figura 25

Al momento de ser relevado por la comitiva fue posible constatar en el edificio antiguo la existencia de fisuras verticales en los encuentros de muros y desprendimientos parciales del cielorraso. Parapetos agrietados, con riesgo de derrumbe, Grietas inclinadas por tracción diagonal en algunos muros transversales y en paños de mampostería ubicados encima de grandes aberturas, que trabajaron como vigas de acoplamiento. Como así también grietas preexistentes al sismo, en algunos arcos que dan al patio interno y un número significativo de vicios constructivos como ser muros que no se encuentran trabados entre sí, tal como se muestra en la Figura 26.



Figura 26

La Propuesta de refuerzo realizada por el INPRES para este edificio, consistió en remover los techos que se encontraban con riesgo de caída de tejas, bajar la altura de los muros hasta un máximo de 5,0 m respecto al nivel de piso. Colocación de vigas de encadenado (vigas sísmicas) en el extremo superior de todos los muros,

interiores y exteriores, cuyo ancho debe ser aproximadamente mayor en cinco centímetros al espesor del muro sobre el cual se monta. Como intervención estructural para los encuentros de muros que se encuentran agrietados a causa de fallo o inexistencia de traba entre mampuestos, se dispondrán mallas de acero electrosoldado vinculadas entre sí, en ambas caras. Asimismo, se deberán disponer mallas de idénticas características en ambas caras de aquellos muros fisurados por tracción diagonal y también en los arcos fisurados.

Las tareas arriba descritas, se encuentran actualmente llevándose a cabo mediante contrataciones directas a empresas de aquel medio, en base a la necesidad y urgencia que conlleva la rehabilitación de este colegio. Es de hacer notar que el estado de avance de los trabajos al momento de escribir este trabajo se encuentra en la preparación de los muros para la colocación de las mallas y de las vigas sísmicas.

Entre las principales dificultades encontradas en la obra, es posible mencionar que la demolición de muros, reemplazo de cielorrasos y techos de galerías y aulas ha ocasionado un importante volumen de escombros difícil de manejar, lo cual atrasó significativamente la marcha de las obras. Asimismo, al remover el revoque, los muros que originalmente se consideraban constituidos por mampostería maciza, en algunos sectores se encuentran contruidos por materiales heterogéneos. Ver Figura 27 y 28



Figura 26



Figura 27

3. CONSIDERACIONES FINALES

Los daños experimentados por las construcciones relevadas, no son de gran magnitud, puede considerarse que éstas se encuentran entre los niveles de daño global moderado a leve, salvo en los casos del Ex Hospital San Juan Bautista y el Seminario Conciliar Diocesano, donde se verificaron daños severos localizados que comprometen la seguridad estructural en determinados sectores de estas edificaciones.

Los estudios y las técnicas de intervención estructural que se han sugerido⁽¹⁾ implican la aplicación de técnicas constructivas de fácil realización, que pueden ejecutarse en el corto a mediano plazo y con un costo razonable. Su materialización dotará a las construcciones de una aceptable capacidad sismorresistente. Sin embargo, la ejecución de estos refuerzos es imprescindible, ya que a pesar de que los daños no son extensos, comprometen, en general, la capacidad resistente propia de las estructuras.

A pesar de que los daños ocasionados por el terremoto del 7 de Septiembre de 2004 no fueron severos, debe tenerse en cuenta que los niveles de demanda probables, (dados por la peligrosidad sísmica de la zona donde se ubica la provincia de Catamarca de acuerdo al reglamento IC103), pueden ser aún mayores, por lo tanto si se mantiene el nivel de vulnerabilidad de estas construcciones, se concluye que existe un nivel de riesgo elevado para la sociedad catamarqueña



4.- REFERENCIAS

[1] Poder Ejecutivo Nacional, Informe sobre el relevamiento de daños en escuelas, hospitales y templos producidos por el terremoto de Catamarca del 7 de Septiembre de 2004. Informe Oficial, Octubre de 2004. 47 páginas.