



Ciencia en su PC

ISSN: 1027-2887

manuela@megacen.ciges.inf.cu

Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago
de Cuba

Cuba

Socarrás-Cordoví, Yamila Concepción; Álvarez-Deulofeu, Eduardo
Rafael; González-Díaz, Liliana; Vidaud Quintana, Ingrid Noelia

La rehabilitación sismorresistente de edificaciones de hormigón prefabricado

Ciencia en su PC, vol. 1, núm. 1, 2021, Enero-Marzo, pp. 61-76
Centro de Información y Gestión Tecnológica de Santiago de Cuba
Santiago de Cuba, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181368034005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

La rehabilitación sismorresistente de edificaciones de hormigón prefabricado

An approximation to the structural seismic rehabilitation of precast concrete building

Autores:

Yamila Concepción Socarrás-Cordoví, yamila@uo.edu.cu,
ysocarrascordovi@gmail.com¹

Eduardo Rafael Álvarez-Deulofeu, ealvarez@uo.edu.cu¹

Liliana González-Díaz, liliana@uo.edu.cu¹

Ingrid Noelia Vidaud Quintana, ingrid@uo.edu.cu¹

RESUMEN

Mejorar el desempeño sísmico de estructuras vulnerables es el propósito de la rehabilitación sismorresistente. Las edificaciones de hormigón prefabricado conforman una parte importante del patrimonio cubano, incluida la zona de mayor peligrosidad sísmica del archipiélago: Santiago de Cuba. Estudios precedentes evidencian una desarticulación entre los resultados de la evaluación del estado técnico-constructivo de estas edificaciones y la consecuente toma de decisiones para la rehabilitación sismorresistente, sobre la base de que con frecuencia resultan en estructuras vulnerables. Este artículo tuvo como objetivo particularizar en los requerimientos esenciales que deben caracterizar la rehabilitación sismorresistente en estructuras de hormigón prefabricado, a partir de la valoración realizada por diferentes autores y regulaciones internacionales. Entre los principales aportes se reconocen los requerimientos en el diseño y construcción de las juntas, así como la repercusión de los daños patológicos de estas en el incremento de los daños potenciales ante un sismo de gran intensidad.

Palabras clave: sistemas prefabricados, daño patológico, daño sísmico potencial, rehabilitación sismorresistente.

ABSTRACT

Improving the seismic performance of vulnerable structures, it is the purpose of the structural seismic rehabilitation. The precast concrete buildings conform an important part of the Cuban patrimony; included the highest seismic activity zone: Santiago de Cuba. Precedent studies evidence a divorce between the outputs of the evaluation of the technical constructive of these buildings and the action to decisions for the rehabilitation; on the base of that result in vulnerable structures, frequently. This article is about the requirements that should be characterize the structural seismic rehabilitation in precast concrete building; supported in the valuation carried out by several authors and international regulations. Between the principal's contributions are recognized the requirements in the design and construction of the joins; as well as the repercussion of the pathological damages of these; in the development of the potential damages before an earthquake of great intensity.

Keywords: *precast concrete building systems, pathological damages, potential damages, structural seismic rehabilitation.*

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los años 60 del pasado siglo comenzaron a implementarse en Santiago de Cuba varios sistemas prefabricados, fundamentalmente para el fomento de obras sociales e industriales. Una de las prioridades estatales que con mayor fuerza demandó de estas estructuras fue el programa de viviendas, que aprovechó las ventajas del sistema Gran Panel Soviético (GPS), junto a otros como el sistema constructivo IMS y el método semiprefabricado E-14. El Sistema Girón, el Sistema Abierto de Esqueleto (SAE) y el de Naves Industriales fueron más utilizados desde entonces para otros programas sociales y de industrialización. Una muestra de estos sistemas se evidencia en la figura 1.

Figura 1. Edificaciones construidas en Santiago de Cuba



A) Girón



B) SAE



C) Gran Panel Soviético



D) E-14

Fuente: autores

A partir de experiencias con sismos de moderada y gran intensidad, varios especialistas, como Reinoso (2001) y Ghosh & Cleland (2012), han evidenciado preocupación acerca del comportamiento estructural de estas edificaciones. Fundamentado en ello, a las edificaciones construidas con los sistemas prefabricados implementados en Santiago de Cuba se les han realizado en los últimos 15 años numerosos estudios de vulnerabilidad sísmica estructural. Los resultados obtenidos apuntan hacia una alta vulnerabilidad sísmica de gran parte de las edificaciones estudiadas con el Sistema Girón, IMS, E-14 y Naves Industriales, según Berenguer et al. (2006), Calderín et al. (2006), Candebat y Morejón (2006), Carrazana et al. (2008), Diéguez (2011) y Legrá (2015).

De 47 estudios de vulnerabilidad revisados, en 43 de ellos se contempló de forma simultánea una evaluación del estado técnico-constructivo. Sin embargo, se aprecia una desarticulación entre los resultados de esta evaluación con el análisis del comportamiento de las edificaciones analizadas y la consecuente toma de decisiones para las acciones de rehabilitación sismorresistente. Aparecen entonces determinadas incertidumbres entre la comunidad de especialistas en torno al comportamiento estructural de estas edificaciones ante un sismo de gran intensidad.

La realidad pone al descubierto la necesidad de que en los estudios de vulnerabilidad sísmica, que forman parte de los planes de prevención-mitigación contra los desastres de origen natural, se integren invariablemente en todo su análisis los daños patológicos detectados como uno de los factores condicionantes de daños sísmicos potenciales; lo que sin dudas ha de marcar pautas significativas para un proceso de rehabilitación. A partir de este análisis, con esta investigación se establecieron las particularidades de la rehabilitación sismorresistente en edificaciones de hormigón prefabricado, previo a la ocurrencia de un sismo fuerte.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplimentar el objetivo trazado se realizó una revisión bibliográfica, a partir de la cual se adoptó la siguiente metodología.

1. Definir a modo de diagnóstico general las principales limitaciones que acompañan la rehabilitación sismorresistente de edificaciones prefabricadas en Cuba.
2. Conceptualizar la rehabilitación sismorresistente a partir de la crítica a diferentes autores y códigos internacionales y nacionales.
3. Caracterizar de forma general los daños sísmicos potenciales y los daños patológicos en edificaciones de hormigón prefabricado en la realidad cubana actual.
4. Precisar los requerimientos esenciales que deben caracterizar una rehabilitación sismorresistente de las edificaciones prefabricadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Varias son las instituciones en Santiago de Cuba que han realizado estudios de vulnerabilidad sísmica estructural a edificaciones construidas con sistemas prefabricados. Destacan entre estas la Universidad de Oriente y el Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (Cenais), en conjunto con otras entidades proyectistas del territorio como la Emproy-15, entre otras. Del diagnóstico realizado emerge que en el 75,75 % de estos estudios se utilizó la metodología Evaluación Rápida por Análisis Dinámico de sistemas constructivos en zonas sísmicas (ERAD), combinada con Scarlatt III. En el resto de los estudios se utilizó solo la modelación estructural (15,15 %), Scarlatt III (3,03 %), y ERAD (6,06 %). El 87,9 % de estos estudios contempló la evaluación del estado técnico constructivo a través de inspecciones visuales, en un 6 % se apoyaron también del desarrollo de ensayos destructivos y/o no destructivos. Sin embargo, solo en el 6 % de los estudios de vulnerabilidad se llega a indicar explícitamente la evaluación concluyente del estado técnico constructivo en Bueno, Regular o Malo.

Al mismo tiempo solo en dos estudios de vulnerabilidad sísmica se tomaron criterios aleatorios para incluir los resultados del estado técnico constructivo en la evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural. En el caso del estudio de la vulnerabilidad sísmica del sistema semiprefabricado E-14 de Legrá (2015), se emplearon factores de reducción de la rigidez de los elementos estructurales, tal como lo prescribe la norma ACI-318:14 (Comité American Concrete Institute, 2014). En el estudio de los edificios Gran Panel Soviético de Morejón et al. (2014) no se incluyó el 100 % de los paneles y para el análisis se disminuyó la resistencia del hormigón y/o el acero de refuerzo solo en los paneles y juntas.

De este análisis puede concluirse que los estudios de vulnerabilidad sísmica realizados no integran la evaluación de los daños patológicos; por tanto, no se alcanza un adecuado análisis del comportamiento de las edificaciones. Esta situación repercute de forma negativa en la consecuente toma de decisiones para la rehabilitación sismorresistente.

Uno de los primeros acercamientos a la rehabilitación estructural, pero referida a los edificios patrimoniales, se logra en la década de los años ochenta del siglo XX con la Declaración de Puebla de 1986. En este momento se sugiere como una de las tareas de recuperación habitacional a consecuencia de procesos de deterioro progresivos o daño. Luego Gavarini (1994) precisa igualmente aspectos ingenieriles, reconociéndose también como la intervención que persigue como propósito la recuperación estructural y/o eliminar defectos estructurales. Se verifica entonces en estas ideas que los especialistas se enfocan en la rehabilitación estructural, entendida como una forma de intervención estructural, asociada tanto a procesos patológicos como a factores causantes de vulnerabilidades.

En la Carta de Principios para el Análisis, Conservación y Restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico (Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (Icomos), 2003) también se aprecian intenciones muy marcadas en el orden estructural, patológico y sísmico. En ella se estipula la determinación de las causas de deterioro y degradación, elección de las medidas correctoras y control de la eficacia de las intervenciones con el

análisis de sus posibles beneficios y perjuicios sobre el patrimonio arquitectónico, excepto cuando se requieran medidas urgentes de protección para evitar la ruina inminente de las estructuras tras los daños causados por un sismo u otro evento catastrófico. Esta idea indica que en la comunidad científica ya se reconocen las particularidades que tiene un proceso de intervención en una zona de peligro sísmico, que no solo puede implicar reparación, sino que también involucra la reconstrucción y el reforzamiento.

En varios códigos de diseño sismorresistente, tales como el NSR-10 (Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 1997), la NEC -11 (Gobierno de la República de Ecuador, 2011) y *New Zealand Society for Earthquake Engineering* (NZSEE, 2006) y en reportes oficiales de la *Federal Emergency Management Agency* (FEMA- 356, 2000 y FEMA-547, 2006) y de *American Society of Civil Engineers* (ASCE 41-06, 2007), se emplea el término rehabilitación sísmica con el objetivo de mejorar el desempeño sísmico de estructuras existentes que no cumplen con los criterios modernos de seguridad o desempeño. El código sísmico de la Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (2001) define la rehabilitación sísmica de edificaciones en términos más generales, indicando dentro de ella acciones como la reparación y reforzamiento en edificios dañados por sismos o en edificios vulnerables, así como en edificios que experimenten cambio de uso o modificación del sistema estructural, entre otros.

Rendón y Zambrano (2007) coinciden con esta idea, a lo que añaden que también se lleva a cabo en edificios dañados por corrosión o ataque químico, incendio, impacto, entre otros. Por su parte, Candebat (2016) se refiere a la rehabilitación estructural sismorresistente e incorpora la durabilidad de las estructuras como un aspecto importante a lograr mediante ella.

A partir de los criterios anteriores, esta investigación considera que la rehabilitación sismorresistente es un proceso que transcurre desde la evaluación de la estructura sin intervenir, hasta la revaluación de la estructura intervenida, sobre la base de los códigos actuales del diseño sismorresistente, para garantizar la seguridad y durabilidad de la estructura. Este proceso involucra varias acciones (reparación, reforzamiento y/o reconstrucción), con la

intención de eliminar o atenuar los factores causantes de vulnerabilidades o daños sísmicos potenciales.

Varios autores, tales como Lang (2012), Carreño (2006) y Caballero (2007), así como diferentes reportes FEMA-154 (2015), FEMA-273 (1997). FEMA-310 (1998), se refieren a los daños potenciales relacionados con los daños que pueden ocurrir en una estructura después de un sismo. Estos dependen de la vulnerabilidad sísmica en relación con las condiciones preexistentes en la estructura y los factores de suelo. Dentro de estos últimos se circunscriben: la flexibilidad del estrato de suelo, la profundidad del estrato compresible, el potencial de licuación y deslizamiento de taludes. En las condiciones preexistentes se consideran entonces aspectos relacionados con la configuración geométrica, el año de construcción (como forma de valorar la vigencia de los códigos de construcción empleados), el incremento de las cargas, las modificaciones de la concepción estructural de la edificación, así como los daños patológicos presentes en la estructura.

Los daños patológicos considerados por Helene y Pereira (2007) como síntomas del proceso patológico pueden mostrar diferentes niveles de afectación estructural. Aparecen por causas intrínsecas o extrínsecas, tanto mecánicas, químicas, físicas o biológicas; incluso las combinaciones de ellas. Igualmente se originan en cualquier etapa del proceso constructivo o explotación de la estructura. Estos daños patológicos dependen en gran medida del tipo de material empleado en las estructuras.

Entre diferentes autores consultados, como Helene y Pereira (2007), Husni et al. (2007), Tejera y Álvarez (2013), Márquez (2015), existe un consenso al plantear que en las estructuras de hormigón armado se pueden encontrar daños patológicos como las humedades, abrasión o desgaste y erosión, los organismos o suciedades, las fisuras por retracción hidráulica, fraguado o desplazamiento térmico; deformaciones, desplomes, distorsiones, grietas o fisuras por sobrecargas, por asentamientos diferenciales, así como las de adherencia y anclaje; desprendimientos o abofamientos, corrosión de armadura, mecanismos de descomposición del hormigón, aplastamiento o punzonamiento y oquedades superficiales.

Los métodos de evaluación postsismo de las estructuras, como los de *Applied Technology Council* de Estados Unidos (ATC, 2005), específicamente (ATC-20-1-2005); Gaceta Oficial del Distrito Federal de México (Gobierno de la Ciudad de México (2017), Ministerio de Obras Públicas de Chile (2014) y del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda de Ecuador (2016), consideran como daños sísmicos en las estructuras de hormigón armado las fisuras o agrietamiento, sobre todo por corte; el aplastamiento o descascaramiento y las deformaciones.

Husni et al. (2007) coinciden con que son estas las manifestaciones de las acciones sísmicas en las estructuras de hormigón armado e incluyen la pérdida de adherencia del acero; es decir, los daños sísmicos potenciales son los propios daños patológicos a causa de la acción sísmica.

Por su parte, los especialistas coinciden en que en las estructuras de hormigón prefabricado se evidencian los mismos daños patológicos que en las de hormigón fundido *in situ*, debido a que estas se encuentran expuestas a las mismas exigencias del medio y de la mecánica estructural. Sin embargo, en las prefabricadas existen causas adicionales de aparición de estos daños, que pueden gestarse desde el proyecto, la producción, almacenaje, transporte y montaje de los elementos.

Estudios realizados en el diagnóstico de esta investigación evidencian que un rol muy importante en este sentido lo desempeñan las juntas entre elementos prefabricados, que se conciben en la etapa de proyecto y ejecutan posteriormente en la de montaje. Errores en la concepción y/o ejecución de las juntas pueden desencadenar daños patológicos, tales como distorsiones, desplomes y fisuras en paneles, losas, vigas, entre otros elementos. No puede olvidarse que las juntas son puntos de entrada de la humedad con los consiguientes daños patológicos como corrosiones, desprendimientos, mecanismos de descomposición, entre otros.

También en la etapa de proyecto puede favorecerse la aparición de daños patológicos, con errores en la posición adecuada de los ganchos de izaje en los elementos estructurales. Las etapas de almacenamiento y transportación igualmente deben ser controladas con rigor, pues en estas también se pueden

generan daños patológicos por esfuerzos adicionales de flexión y corte, así como a los efectos dinámicos inevitables por las sacudidas del tránsito respectivamente. De igual manera, si el tiempo en la etapa de almacenamiento llega a ser muy prolongado a la intemperie y la zona de almacenamiento está propensa a inundaciones, se fomentan también daños patológicos como humedad, organismos, suciedad y corrosión de las armaduras.

En principio, no puede dejarse a un lado la estricta observancia de la calidad de los materiales de construcción y el riguroso control de la ejecución de los trabajos de rehabilitación; así como el análisis de la importante simbiosis entre los daños patológicos y los factores causantes de daños sísmicos potenciales.

Se concluye entonces que en todas las etapas por la que transita una estructura prefabricada pueden gestarse factores causantes de daños sísmicos potenciales y que, para lograr una mejor precisión de estos, es importante acometer una detallada investigación histórica documental, que profundice en las intervenciones anteriores y las soluciones ofrecidas en estas, así como la época de construcción y el reglamento vigente.

De la misma manera y como parte de los detalles del proyecto y las consideraciones de diseño debe enfatizarse en las juntas, como punto crítico de una estructura prefabricada, pues aun cuando la construcción prefabricada se asemeje a la construcción *in situ* en sus juntas, no va a lograrse el monolitismo completo, lo cual provocaría una disminución de la rigidez de la estructura. Se reconoce por Ghosh & Cleland (2012), FEMA-273 (1997) y FEMA-310 (1998), que la causa principal de daños sísmicos potenciales en estos casos es la concepción inadecuada o ejecución de las juntas. En la figura 2 se observa la junta columna-viga del Sistema Girón en dos edificios semiconstruidos, que además de tener una concepción inadecuada para una estructura en una zona de alto peligro sísmico, por realizarse a nivel de entrepiso, también va a ser mal ejecutada. Los aceros salientes tienen una longitud muy pequeña, lo que no garantiza la adecuada longitud de empalme.

Figura 2. Edificios del sistema Girón en fase constructiva



Combinado Deportivo



Sede Mella. Universidad de
Oriente

Fuente: autores

Pero este comportamiento no puede asociarse únicamente a una inadecuada concepción y/o ejecución de las juntas entre los elementos estructurales. También es importante tener en cuenta el propio daño patológico que puedan presentar esas juntas durante la explotación de la estructura, lo que puede generar tanto dificultades en la estabilidad como en la resistencia. A manera de ilustración, una junta expuesta a la humedad constante, que evidencie delaminación del acero con la consecuente falta de adherencia, ya se considera una junta que no garantiza la transferencia de esfuerzos. Esto se aprecia en la figura 3. He ahí la significación del trabajo de las juntas en hormigón prefabricado. Trabajo que debe establecerse con rigor en cuanto a su concepción, construcción y daños patológicos presentes en ellas, lo que sin dudas se ubicará como causa de vulnerabilidad sísmica en estas estructuras.

Figura 3. Junta losa-panel en el GPS



Fuente: autores

CONCLUSIONES

- Una rehabilitación sismorresistente debe imbricar con éxito la evaluación del estado técnico-constructivo y un estudio de vulnerabilidad sísmica estructural, como única vía para proponer acciones constructivas certeras para la rehabilitación.
- La rehabilitación sismorresistente se dirige a mejorar el desempeño sísmico de estructuras existentes que no cumplen con los criterios modernos de seguridad, desempeño y durabilidad.
- En las estructuras de hormigón prefabricado pueden encontrarse los mismos daños patológicos que en las de hormigón fundido *in situ*, con las mismas causas, incluso. Sin embargo, en las primeras se presentan condicionantes adicionales para la aparición de estos, que pueden gestarse desde el proyecto, la producción, almacenaje, transporte y montaje.
- En la rehabilitación sismorresistente de las estructuras de hormigón prefabricado deben atenderse de forma estricta aspectos relacionados con la investigación histórico-documental, las particularidades de las diferentes etapas constructivas, la calidad de los materiales de construcción, el control de la ejecución de los trabajos de rehabilitación, el análisis íntegro de los daños patológicos y los factores causantes de daños sísmicos potenciales; así como la evaluación de las juntas a partir de criterios de concepción, construcción y daños patológicos presentes en ellas; como factores adicionales causantes de daños sísmicos potenciales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Concrete Institute (ACI 318). (2014). *ACI 318SUS-14. Requisitos de reglamento para concreto estructural*. <https://www.civilmas.net/wp-content/uploads/2019/05/ACI-318SUS-14-SPANISH.pdf>
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2007). *Seismic Rehabilitation of Existing Buildings*. ISBN (pdf): 978-0-7844-7175-3. <https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784408841>
- Applied Technology Council (2005). *ATC 20-1 Field manual: Post earthquake safety evaluation of buildings* (2da ed.). author.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (1997). *Nehrp guidelines for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA Publication 273)*. Washington, D.C: author. <https://www.conservationtech.com/FEMA-publications/FEMA273-1997.pdf>

Berenguer, Y., Morejón, G. y Márquez, P. (11-12 de junio, 2006). Reforzamiento de edificaciones sociales construidas con el Sistema Girón. En *II Conferencia Internacional de Peligrosidad Riesgo Geológico e Ingeniería Sísmica*. Cuba. ISBN:959-207-172- 1.

Caballero, A. (2007). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica por medio del método del índice de vulnerabilidad en las estructuras ubicadas en el centro histórico de la ciudad de Sincelejo, utilizando la tecnología del sistema de información geográfica*. (Tesis de maestría). Fundación Universidad del Norte. Sincelejo, Colombia. manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/105/92535650.pdf?sequence=1

Calderín, F., Álvarez, E., Ruiz, J.M. y Pérez, J.C. (11-12 de junio, 2006). Vulnerabilidad sísmica estructural del IPVCE Antonio Maceo Grajales. En *II Conferencia Internacional de Peligrosidad Riesgo Geológico e Ingeniería Sísmica*. Cuba. ISBN:959-207-172-1.

Candebat, D. y Morejón, G. (11-12 de junio, 2006). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de naves industriales de hormigón prefabricado. En *II Conferencia Internacional de Peligrosidad Riesgo Geológico e Ingeniería Sísmica*. Cuba. ISBN:959-207-172-1.

Candebat, D. (2016). Algunas reflexiones acerca de la rehabilitación estructural sismorresistente de puentes. *Ciencia en su PC*, 3 julio-septiembre, 22-41. <https://www.redalyc.org/revista.oa?id=1813>

Carrazana, M., Saint Felix, N., Ruiz, J.M. Claude, J. (10-11 de mayo, 2008). Vulnerabilidad sísmica estructural del edificio del combinado EDAI, Santiago de Cuba. En *III Conferencia Internacional de Peligrosidad Riesgo Geológico e Ingeniería Sísmica*. Cuba. ISBN: 978-950207-326-5.

Carreño, M. L. (2006). *Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones ex ante y ex post*. (Tesis de doctorado). Universitat Politècnica de Catalunya Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports. Barcelona. <https://www.tdx.cat/TDX-1102106-110455>

Diéguez, I. (2011). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica estructural en edificios IMS del Centro Urbano Sierra Maestra de Santiago de Cuba*. (Tesis de maestría no publicada). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (1998). *FEMA-310 Handbook for the Seismic Evaluation of Buildings*. Washington DC: author. <https://www.wbdg.org/FFC/DHS/ARCHIVES/fema310.pdf>

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook* (3^{ra} ed.). FEMA P-154. Washington, DC: Applied Technology Council. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-07/fema_earthquakes_rapid-visual-screening-of-buildings-for-potential-seismic-hazards-a-handbook-third-edition-fema-p-154.pdf

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2000). *Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings (FEMA-356)*. Washington, DC: author. <https://www.nehrp.gov/pdf/fema356.pdf>

Federal Emergency Management Agency (FEMA). (2006). *Techniques for the Seismic Rehabilitation of Existing Buildings (FEMA-547)*. Washington, DC: author. <https://www.wbdg.org/FFC/DHS/fema547.pdf>

Gobierno de la Ciudad de México (4 de diciembre, 2017). Normas para la Rehabilitación Sísmica de edificios de concreto dañados por el Sismo del 19 de septiembre de 2017. En *Gaceta Oficial del Distrito Federal* (pp. 4-19). <https://www.smie.org.mx/archivos/informacion-tecnica/reglamentos-construccion-mexico/ciudad-de-mexico/ciudad-de-mexico-normas-rehabilitacion-sismica-edificios-danados-2017.pdf>

Gavarini, C. (1994). Monument Safety in Seismic Areas. *Earthquake Spectra*, 10, 189-195. <https://doi.org/10.1193/1.1585768>

Ghosh, S.K. & Cleland, N. M. (2012). Performance of precast concrete building structures. *Earthquake spectra*, 28(1_suppl1), 349-384. <https://doi.org/10.1193/1.4000026>

Helene, P. y Pereira, F. (eds.). (2007). *Rehabilitación y mantenimiento de estructuras de concreto*. Sao Paulo, Brasil. ISBN 85-60457-00-3.

Husni, R., Benítez, A., Manzelli, A., Macchi, C., Charreau, G., Fernández, L. y Guitelman, N. (2007). Acciones y Mecanismos de Deterioro de las Estructuras. En P.

Helene y F. Pereira (eds.) *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto* (pp. 35-89). Sao Paulo, Brasil.

Consejo Internacional de Monumentos y Sitios (Icomos). (2003). *Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del patrimonio arquitectónico*. Zimbabwe. https://www.icomos.org/charters/structures_sp.pdf

Lang, D. (2012). *Earthquake Damage and Loss Assessment –Predicting the Unpredictable*. (Tesis de doctorado). University of Bergen. Bergen, Norway. https://bora.uib.no/bora-xmlui/bitstream/handle/1956/6753/48136%20Lang%20main_thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Legrá, I. (2015). *Vulnerabilidad sísmica estructural de un edificio del sistema semiprefabricado E-14*. (Tesis de grado de Ingeniería Civil no publicada). Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba.

Márquez, F. (20-23 de octubre, 2015). Mecanismos de Biodeterioro del Concreto Reforzado. En *II Semana Internacional. X Semana de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Santander, Colombia. http://www.ufps.edu.co/ufps/IIsemanainternacional_cyt/media/17_MECANISMOS%20DE%20BIODETERIORO.pdf

Chile. Ministerio de Obras Públicas. (2014). *Ficha de evaluación de daños para inspección rápida de edificios públicos*. <https://docplayer.es/11693787-Ficha-de-evaluacion-de-danos-para-inspeccion-rapida-de-edificios-publicos-version-2-abril-2014.html>

Ecuador. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2016). *Inspección y Evaluación Rápida de Estructuras Post-Evento Sísmico*. Quito, Ecuador. ISBN: 978-9942-951-44-1,

Morejón, G., Berenguer, Y., Leyva, K., Candebat, D. y Artímez, A. (2014). Comportamiento estructural del sistema prefabricado Gran Panel Soviético a partir de las modificaciones realizadas por los habitantes ante sismos de gran magnitud. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 15(1), 85-96. [https://www.researchgate.net/profile/Dario-Candebat-](https://www.researchgate.net/profile/Dario-Candebat-Sanchez/publication/333323555_Comportamiento_estructural_del_sistema_prefabricado_Gran_Panel_Sovietico_a_partir_de_las_modificaciones_realizadas_por_los_habitantes_ante_sismos_de_gran_magnitud/links/5ce6d5a392851c4eabba1271/Comport)

[Sanchez/publication/333323555_Comportamiento_estructural_del_sistema_prefabricado_Gran_Panel_Sovietico_a_partir_de_las_modificaciones_realizadas_por_los_habitantes_ante_sismos_de_gran_magnitud/links/5ce6d5a392851c4eabba1271/Comport](https://www.researchgate.net/profile/Dario-Candebat-Sanchez/publication/333323555_Comportamiento_estructural_del_sistema_prefabricado_Gran_Panel_Sovietico_a_partir_de_las_modificaciones_realizadas_por_los_habitantes_ante_sismos_de_gran_magnitud/links/5ce6d5a392851c4eabba1271/Comport)

amiento-estructural-del-sistema-prefabricado-Gran-Panel-Sovietico-a-partir-de-las-modificaciones-realizadas-por-los-habitantes-ante-sismos-de-gran-magnitud.pdf.

Gobierno de la República de Ecuador. (2011). *Capítulo 11 – Anexo 1 Programa de certificación de fedatarios NEC. Norma ecuatoriana de la construcción NEC-11*. Quito, Ecuador. <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-11-anexo1-programa-de-certificac3b3n-de-fedatarios-nec-021412.pdf>

Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. (2001). *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. <https://www.agies.org/wp-content/uploads/2019/02/agies-nse-6-10.pdf>

Colombia, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (1997). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10. Título a — Requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente*. Bogotá, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>

New Zealand Society for Earthquake Engineering (NZSEE). (2006). *Assessment and improvement of the structural performance of buildings in earthquakes*. https://www.nzsee.org.nz/db/PUBS/2006AISBEGUIDELINES_Corr_06a.pdf

Reinoso, E. (2001). Algunos aspectos sobre el diseño sísmico de estructuras prefabricadas. En *Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*. México.

Rendón, J. y Zambrano, J. (2007). Refuerzo de Estructuras frente a Sismo. En F. Pereira (ed.) *Rehabilitación y Mantenimiento de Estructuras de Concreto* (478-497). Sao Paulo, Brasil.

Tejera, P. y Álvarez. O. (2013). *Conservación de Edificaciones*. La Habana: Editorial Universitaria Félix Varela. ISBN 978-959-07-1611-9.

Recibido: 10 de junio de 2020

Aprobado: 2 de octubre de 2020