

Aisladores sísmicos y disipadores de energía

Seismic isolators and energy dissipators

Juan Haroldo Linares Martínez¹
Marcos Joaquín Esquivel Cerón²
Fernando Enrique Huezo Pacheco²

Brandon Alexander Reyes Magaña²
Ever Josué Sandoval Sandoval²
Alfredo David Zaldaña Salazar²

Universidad Católica de El Salvador, El Salvador

Fecha de recepción: 30/06/2023

Fecha de aceptación: 17/04/2024

Resumen

La investigación en torno a sismos y edificaciones es un tema de suma importancia en la Ingeniería Civil. El uso de aisladores sísmicos y disipadores de energía son las herramientas más comunes para mejorar la resistencia de las estructuras ante eventos sísmicos.

Los aisladores sísmicos son elementos que se colocan en las edificaciones con el fin de disminuir la transferencia de vibraciones al edificio. De esta forma, se protege la estructura de posibles daños que podrían ser causados por las vibraciones del sismo. Los disipadores de energía, por su parte, buscan reducir la energía generada por el sismo en la estructura y dispersarla de manera controlada, evitando que se concentre en algún punto y produzca grandes daños.

Ambas herramientas son de gran importancia en el diseño y construcción de edificaciones, y su uso se ha vuelto cada vez más común en países con alta actividad sísmica. Por lo tanto, la investigación en torno a sismología y edificaciones se enfoca en desarrollar estrategias que permitan minimizar los efectos de estos eventos en las estructuras y por ello es de vital importancia conocer las diferentes herramientas de las cuales se disponen en la actualidad producto de estas investigaciones.

Palabras clave: Sismo, Aisladores sísmicos, Disipadores de energía, Estructuras.

Abstract

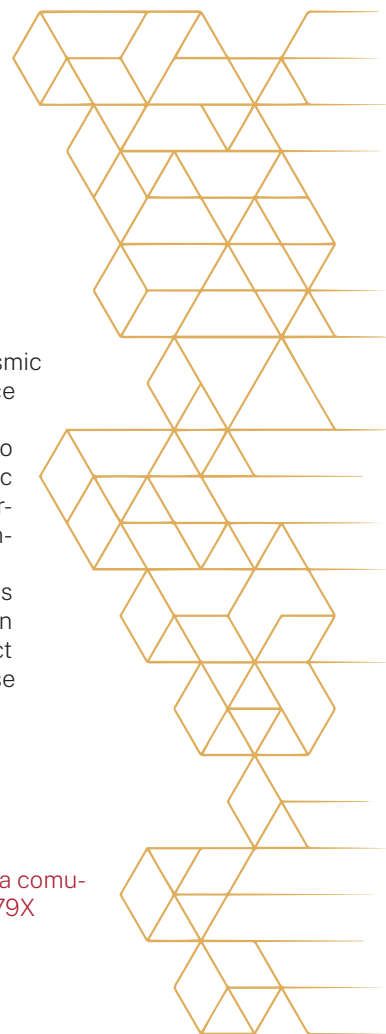
Research on earthquakes and buildings is a crucial topic in Civil Engineering. The use of seismic isolators and energy dissipators are among the most common tools for enhancing the resilience of structures against seismic events.

Seismic isolators are components installed in buildings to reduce the transfer of vibrations to the structure. By doing so, they protect the building from potential damage caused by seismic activity. Energy dissipators, on the other hand, aim to mitigate the energy generated by an earthquake within the structure and disperse it in a controlled manner, preventing it from concentrating at a single point and causing significant damage.

Both tools are essential in the design and construction of buildings, and their application has become increasingly common in countries with high seismic activity. Consequently, research in seismology and structural engineering focuses on developing strategies to minimize the impact of earthquakes on buildings. Understanding the various tools available today as a result of these studies is therefore of utmost importance.

Keywords: Earthquake, Seismic Isolators, Energy Dissipators, Structures.

1. Ingeniero Civil, Docente hora clase, Facultad de Ingeniería y Arquitectura; email para comunicación: juan.linares1@catolica.edu.sv; ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7405-879X>
2. Estudiantes de Ingeniería Civil.



1. Introducción

El presente artículo trata sobre el tema “sistema de aisladores sísmicos y disipadores de energía”, aspectos de vital importancia en el campo de la arquitectura y la ingeniería, que resultan ser de particular interés, especialmente a estudiantes o personas que se desenvuelven en el área de la construcción.

Por lo tanto, el principal objetivo de esta investigación es buscar, analizar y transmitir, la información relacionada a las estructuras. Es así, que se puede decir con total seguridad, que es de suma importancia el abordar este tema; y reconocer que la utilización de aisladores sísmicos y los disipadores de energía son de mucha utilidad en la búsqueda de evitar daños graves en las edificaciones, o incluso en la integridad física de las personas al momento de que ocurren movimientos sísmicos.

En consecuencia, si bien, las catástrofes naturales son inevitables y se sabe que muchas veces las edificaciones se ven afectadas por estas, todo ingeniero o persona que tenga particular interés en el ámbito del diseño de estructuras, debe mantenerse al tanto de los avances que se dan en la tecnología aplicada a su campo; de manera tal que sea posible aminorar las consecuencias de los fenómenos naturales como terremotos o fuertes vientos y debe adaptarse, ocupar y promover la investigación de nuevas las tecnologías.

El presente artículo de revisión bibliográfica es la respuesta a diferentes interrogantes en relación al uso de disipadores de energía y aisladores sísmicos como: ¿Qué es un sistema de aislamiento sísmico y disipadores de energía?, ¿Cuáles son sus principales diferencias y tipos con sus respectivas ventajas y desventajas? Entre

otras, estas interrogantes fueron el punto de partida para recopilar y procesar la información encontrada en diversos medios bibliográficos y posteriormente desglosar en diferentes sub temas el desarrollo de la temática. Estos medios bibliográficos han sido considerados para el desarrollo de la investigación, puesto que, cuentan con información certificada y reconocida en revistas digitales, trabajos de tesis con sus respectivas referencias de donde se obtuvo información; libros y artículos los cuales se detallarán al final de este documento como constancia y sustento de lo investigado y, en consecuencia, se han descartado aquellos que no contaban con el respaldo profesional ni teórico de sus investigaciones.

2. Desarrollo

2.1.¿Qué es un sistema de aislamiento sísmico y qué es un disipador de energía?

Según el Servicio Sismológico Nacional de México, en un artículo escrito en conjunto con la facultad de geofísica de la Universidad Autónoma de México (UNAM), un sismo es: un rompimiento repentino de las rocas en el interior de la Tierra cuya liberación repentina de energía se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno.

Además, agrega que,

estas ondas de energía se propagan en todas las direcciones y son ocasionadas por una ruptura violenta, que se produce cuando se superan ciertos esfuerzos en la capa más superficial de la Tierra y las placas tectónicas no pueden resistir más o la

fuerza de fricción es vencida (Servicio Sismológico Nacional adscrito al Instituto Nacional de Geofísica., s.f.).

2.2. ¿Qué es un aislador sísmico?

Según Genatios & Lafuente (2016) es un dispositivo que se sitúa entre una estructura y sus cimientos, que constituye una alternativa confiable a considerar en el diseño sismorresistente; y en los proyectos de readecuación sísmica, cuya finalidad es aislar dicha estructura del suelo con el propósito de evitar en la manera que sea posible los efectos provocados por las ondas sísmicas de un terremoto.

La implementación de dispositivos de aislamiento sísmico permite reducir la demanda sísmica sobre las estructuras y asegurar su capacidad de resistencia frente a terremotos destructivos, por lo tanto, dichas estructuras muestran un comportamiento elástico ante la ocurrencia de importantes terremotos, situación que garantiza la estabilidad de la estructura aislada, la supervivencia de sus ocupantes y la salvaguarda de sus contenidos (UCASAL, 2018).

El objetivo principal del aislamiento sísmico es evitar que la energía liberada durante un terremoto llegue directamente a la edificación. Es decir, los dispositivos instalados permiten que la estructura se aísle e impida que se mueva al mismo ritmo de las vibraciones del suelo durante el movimiento sísmico. Para este propósito, también es posible utilizar disipadores de energía, el cual es el siguiente apartado a definir.

2.3. ¿Qué es un disipador de energía?

Es un sistema de control que permite incrementar la disipación de energía para que, para una determinada cantidad de energía de entrada (del sismo o del viento), la energía de deformación del sistema estructural original sea menor. Esto significa que la estructura sufrirá menos deformaciones para un nivel dado de energía suministrada cuando se instalan disipadores adicionales, minimizando el daño (Genatios & Lafuente, 2016).

Dicho de otra forma, los disipadores sísmicos son dispositivos que tienen como objetivo absorber o disipar la energía liberada por las ondas sísmicas, con el fin de reducir las fuerzas sísmicas que actúan sobre la estructura. Estos dispositivos pueden ser instalados dentro de la estructura o en su base, y se clasifican en dos tipos principales: histeréticos y viscoelásticos. Si bien los conceptos de aisladores y disipadores podrían resultar casi idénticos por la naturaleza de su propósito. Las diferencias entre ambos se detallarán en un apartado posterior.

2.3. ¿Cuáles son las diferencias entre los sistemas de aisladores sísmicos y los sistemas de disipación de energía?

En cuanto a los aisladores sísmicos y disipadores de energía, se puede mencionar que, la principal diferencia entre ellos consiste en que los aisladores sísmicos se instalan en la subestructura interna, y trabajan en conjunto con los apoyos estructurales de las edificaciones; permitiendo

que la estructura se mueva de manera más libre y se reduzcan las fuerzas sísmicas transmitidas. Mientras que los disipadores de energía incrementan la capacidad de disipación de energía de las edificaciones y están diseñados para reducir las fuerzas sísmicas que actúan sobre ellas; de manera que es posible disminuir su amplitud de movimiento. Estos dispositivos son instalados para hacer desaparecer la acumulación de energía sísmica y evitar que las estructuras se agrieten o colapsen en medio de un terremoto.

Según Genatios & Lafuente (2016), si bien los disipadores sísmicos y los aisladores sísmicos tienen diferentes propósitos, pueden trabajar juntos para mejorar el desempeño sísmico de una estructura, al disminuir las fuerzas sísmicas a las que está expuesta la misma. De manera que los aisladores sísmicos pueden disminuir la carga que soportan los disipadores, extender su vida útil y mejorar su eficacia.

2.5. Algunos de los tipos de aisladores sísmicos y disipadores de energía más frecuentemente utilizados, y sus respectivas ventajas y desventajas

a. Aisladores sísmicos

- **Aisladores elastoméricos:** son dispositivos elaborados de una mezcla de elastómeros y plásticos que se colocan entre la base del edificio y el cimiento o la estructura de soporte. Son fáciles de instalar, tienen un bajo costo y proporcionan una gran capacidad de deformación. Sin embargo, su durabilidad es limitada y pueden requerir mantenimiento regular. (Lui, 2018)

- **Aisladores de masa sintonizada:** son dispositivos que, durante un movimiento sísmico, utilizan una masa que se cuelga de resortes en la base del edificio y que vibra en resonancia con las vibraciones sísmicas, lo que disipa la energía del terremoto. Estos aisladores son efectivos, pero pueden ser costosos y pueden requerir un mantenimiento y reemplazo regular.
- **Aisladores de bolas de plomo:** Estos dispositivos de aislamiento emplean esferas de plomo para disminuir la transferencia de energía, su principal ventaja radica en su capacidad para soportar grandes cargas y su resistencia a la fatiga. No obstante, su proceso de diseño y fabricación se considera relativamente complejo. (Tsai, 2016)
- **Aisladores de fricción pendulares:** emplean un mecanismo basado en fricción y péndulos para minimizar la transmisión de energía sísmica. La ventaja más destacada de esta tecnología es su capacidad para soportar grandes cargas y desplazamientos, pero el proceso de fabricación es complicado y costoso.

a. Disipadores de energía

- **Disipadores de fluido viscoso:** utilizan un sistema de amortiguación que se coloca entre la base del edificio y el cimiento, que consiste en una cámara hermética llena de un fluido viscoso, tal como aceite, en la que se coloca un pistón o un disco que se mueve dentro de la cámara en respuesta a un terremoto. Estos disipadores son efectivos y duraderos, pero suelen ser muy costosos y debe brindárseles un mantenimiento o reemplazo constante (Fan, 2014).

- **Disipadores de fricción:** estos dispositivos se componen de una placa de acero que se sitúa entre dos superficies en contacto y que, durante un evento sísmico, la placa de acero se desplaza hacia adelante y hacia atrás, logrando así la disipación de la energía sísmica. Por ello, a pesar de su eficacia, suelen necesitar un mantenimiento y reemplazo periódicos, lo cual pueden resultar bastante costosos (Yuan, Li, & Li, 2017).
- Los disipadores de metal en fusión son dispositivos de aislamiento sísmico que utilizan el calor generado por la fusión del metal para disipar la energía sísmica. Estos dispositivos tienen la ventaja de no requerir mantenimiento y tener una larga vida útil. Sin embargo, su eficacia puede disminuir en caso de un evento sísmico de gran magnitud (Koutromanos, 2019).

Es importante tener en cuenta que estos dispositivos son una solución efectiva para proteger las estructuras de los efectos de los terremotos y reducir significativamente los daños y las pérdidas humanas. Sin embargo, cada tipo de aislador sísmico y/o disipador de energía tiene sus propias ventajas y desventajas, y su elección depende de muchos factores, como el tipo de edificio o infraestructura, el presupuesto, las condiciones del sitio y el nivel de riesgo sísmico.

2.6. Normativa de uso aisladores sísmicos y disipadores de energía

Algunos ejemplos de normativas y estándares internacionales que incluyen disposiciones sobre aisladores sísmicos son:

- » Norma Técnica E.030 “Diseño Sis-

morresistente” del Perú

- » Norma Chilena NCh433.Of1996 “Diseño Sismorresistente-Edificios”
- » Norma Técnica Colombiana NTC 2010 “Construcción Sismo Resistente”
- » Código Técnico de la Edificación (CTE) de España
- » Normas ANSI/AISC 341 y 358 en Estados Unidos
- » Código de Diseño Sísmico de Japón (Building Standard Law)

En cuanto a la normativa de uso en El Salvador, es realmente complejo encontrar información confiable, puesto que la misma se encuentra desfasada y sería necesaria una actualización en la cual se trate a detalle el tema de estos dispositivos en los proyectos por ejecutarse.

2.7. Fabricación y vida útil de los aisladores sísmicos y disipadores de energía

El proceso de fabricación de aisladores sísmicos varía según el diseño específico y el material utilizado, el cual puede ser acero, caucho y plomo; que a su vez se eligen por su capacidad para absorber energía y reducir las fuerzas sísmicas que actúan sobre una estructura. De igual manera, la vida útil de los aisladores sísmicos también depende de varios factores, incluido el tipo de material utilizado, la calidad de fabricación y las condiciones en las que se utilizan.

En el caso de los aisladores a base de caucho y plomo, generalmente se fabrican mediante moldeo; mientras que los aisladores a base de acero se pueden fabricar mediante procesos de soldadura o fundición. En general, los aisladores sísmicos tienen una vida útil de diseño de al menos 50 años y algunos tipos pueden durar hasta 100 años o más, con el man-

tenimiento adecuado. Este mantenimiento es de vital importancia, pues con el tiempo y debido al uso o cambios en los códigos y reglamentos de construcción, cada uno de los aisladores sísmicos, independiente del tipo tienen al desgaste y es posible que deban reacondicionarse o incluso reemplazarse.

Estas inspecciones periódicas permiten visualizar el estado de los dispositivos y ayudan a prolongar la vida útil de los aisladores y/o disipadores con el propósito de garantizar que continúen funcionando según lo previsto.

2.8. Implementación de los sistemas de aislamiento sísmico y disipadores de energía en el mundo

En los últimos años, la implementación de sistemas de aislamiento sísmico y disipadores de energía ha ido en aumento en todo el mundo. Esto se debe en gran parte al creciente reconocimiento de que estas tecnologías pueden reducir significativamente los daños causados por los terremotos y mejorar la seguridad sísmica de las estructuras. A continuación, se muestran algunos ejemplos de países que han optado por utilizar este tipo de herramientas en diferentes edificaciones:

- **Golden Gate Bridge, Estados Unidos:** El puente Golden Gate es un famoso puente colgante ubicado en el Estado de California, (Hall, Rehabilitación sísmica del puente Golden Gate, 1985) menciona en su libro “Rehabilitación sísmica del puente Golden Gate” que en la década de 1970 se instaló un sistema de amortiguadores de fricción con el propósito de reducir las fuerzas sísmicas. Estos amortiguadores

funcionan como frenos para reducir el movimiento del puente en caso de un terremoto.

- **El Taipei 101, Taiwán:** es un rascacielos de 101 pisos en él se modificó un sistema de amortiguación de masa sintonizada que se mueven en respuesta al movimiento del edificio durante un terremoto, este sistema ayuda a reducir las fuerzas sísmicas y el movimiento del edificio.
- **Puente Storebaelt, Dinamarca:** Este puente, es uno de los puentes más largos del mundo, en el cual se extrajo un sistema de aislamiento sísmico compuesto por una serie de amortiguadores de elastómero.
- En el caso en particular de El Salvador, según el sitio web oficial de la presidencia, en su artículo: “Los pasos y puentes que construye el Gobierno del Presidente Nayib Bukele incorporan tecnología de punta que mejora su resistencia” escrito en agosto del 2022; con la construcción del paso a desnivel en Quelepa, San Miguel, el Ministerio de Obras Públicas considera la instalación de 24 aisladores sísmicos en la infraestructura, con la finalidad de protegerla durante cualquier evento telúrico.

Según narra el artículo antes mencionado: Estos aisladores sísmicos fueron adquiridos en Italia, y reducirán el 80% de la fuerza de un sismo hacia la estructura. Según explicaron técnicos del MOP, ante un terremoto de magnitud 7.5 grados Richter, a la estructura únicamente le llegaría un valor de uno, con estos aisladores (Gobierno de El Salvador, 2022).

Estos casos son solo algunos ejemplos de la aplicación de sistemas de aislamiento sísmico y disipadores de energía a nivel

global y nacional. Sin embargo, existen muchas otras aplicaciones en diferentes partes del mundo, y la investigación en este campo de la ingeniería está en constante evolución para mejorar la seguridad y resistencia de las estructuras ante diferentes eventos sísmicos, además de garantizar y salvaguardar la vida de las personas, que es el objetivo principal del avance de las ciencias y la tecnología.

3. Conclusiones

Un sismo es un rompimiento de las rocas en el interior de la Tierra, cuya liberación repentina de energía se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno. Para evitar los efectos provocados por las ondas sísmicas de un terremoto, se puede hacer uso de ciertos dispositivos: los aisladores sísmicos y disipadores de energía; el primero, tiene

como finalidad aislar del suelo, la estructura en la que se sitúa; mientras que el segundo, por su parte, permite incrementar la disipación de energía para reducir las fuerzas sísmicas que actúan sobre dicha estructura.

La importancia de estos dispositivos radica en que permiten reducir la demanda sísmica sobre las estructuras y asegurar su capacidad de resistencia frente a terremotos destructivos. De manera que, al implementar estos dispositivos, las estructuras pueden mostrar un comportamiento elástico que garantiza la estabilidad de la estructura aislada, la supervivencia de sus ocupantes y la salvaguarda de sus contenidos. Por ello, es importante que los diseñadores, constructores y autoridades pertinentes consideren la implementación de los mismos de manera que se pueda aumentar la resiliencia de las estructuras o edificaciones ante eventos naturales extremos.

4. Referencias

- Diario oficial del bicentenario-El peruano (12 de noviembre de 2018). *Decreto Supremo que aprueba la Norma Técnica E.031 "Aislamiento Sísmico" y la incorpora al Índice del Reglamento Nacional de Edificaciones*. Perú. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-norma-tecnica-e031-aislamie-decreto-supremo-n-030-2019-vivienda-1823291-2/#:~:text=4.12%20Sistema%20de%20aislamiento%20s%C3%ADsmico>
- Edelstein, R. (2007). *Diseño sísmico y desempeño de Taipei 101*. XVI, 1-15. <https://jornadasaie.org.ar/jornadas-aie-anteriores/2012/contenidos/trabajos/09.pdf>
- Fan, Y. (2014). *Experimental study on the performance of a viscoelastic damper for seismic isolation*. <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/1/239>
- Genatios, C. & Lafuente, M. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Caracas, Venezuela: Serie GeóPolis. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/572>

- Gobierno de El Salvador. (24 de agosto de 2022). *presidencia.gob.sv*. <https://www.presidencia.gob.sv/los-pasos-y-puentes-que-construye-el-gobierno-del-presidente-nayib-bukele-incorporan-tecnologia-de-punta-que-mejora-su-resistencia/#:~:text=Los%20aisladores%20s%C3%ADsmicos%2C%20son%20una,energ%C3%ADa%20s%C3%ADsmica%20que%20>
- Hall, W. (1985). *Rehabilitación sísmica del puente Golden Gate* (Vol. I). <https://journals.sagepub.com/toc/eqsa/1/2>
- Hall, W. (1999). *El puente Storebaelt: un caso histórico de ingeniería sísmica*. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/136/digital_15517.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwj2MyJx9_-AhVlVTABHUytCE0QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw17jbSNzHTxu4UklmeZ_-GK
- INTERBUNA. (s.f.). Aisladores elastoméricos antisísmicos (HDRB, LRB). <https://interbuna.com/aisladores-elastomericos-antisismicos-hdrb-lrb/>
- Koutromanos, I. (2019). *Earthquake-Resistant Structures*. Science. https://www.researchgate.net/publication/321504551_EARTHQUAKE_RESISTANT_STRUCTURAL_WALLS_TESTS_OF_ISOLATED_WALLS_-_PHASE_II
- Lafuente, M. & Genatio, C. (2016). *Introducción al uso de aisladores y disipadores en estructuras*. Caracas: Editor CAF Banco de desarrollo de America Latina. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1213/Uso%2520de%2520aisladores%2520y%2520disipadores%2520en%2520estructuras.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowed%3Dy&ved=2ahUKEwiDq_X0x9_-AhWWQjABHZ8wArQQFn
- Lui, J. (2018). *Experimental investigation on performance of thermoplastic elastomer isolators for seismic protection*. <https://www.mdpi.com/2075-5309/13/2/445>
- Reynoso-Domingo, R. D. (2022). “Mejoramiento del comportamiento estructural empleando disipadores sísmicos de fluido viscoso, en una edificación de 20 niveles en el distrito de Santa María”. Huacho, Perú. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/6526>
- Servicio Sismológico Nacional adscrito al Instituto Nacional de Geofísica. (s.f.). SSN - Preguntas frecuentes | UNAM, México. <http://www.ssn.unam.mx/divulgacion/preguntas/>

- Sierra-Castellanos, D. & Paez-Duque, D. (19 de octubre de 2020). *Aisladores Sísmicos de Base: Un Compendio de Alternativas*. Bogotá, Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/36948/SierraCastellanosDieridYeir.PaezDuqueDianaVictoria2020.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Tsai, C. (2016). *Design and experimental verification of lead-rubber seismic isolation bearings*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263822316314271>
- Tupiza-Ayo, A. (08 de 05 de 2017). *Análisis comparativo del diseño estructural de un edificio destinado a un parque de juegos familiares con aisladores sísmicos y en cimentación convencional*. Quito, Ecuador. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/10745&ved=2ahUKewi2yumUyN_-AhXbtYQIHQtjDWIQFnoECB4QAAQ&usg=AOvVaw2PyEi7daVaRSIxgOQV17mr
- UCASAL. (2018). Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta. *Cuadernos de Ingeniería*. <http://revistas.ucasal.edu.ar/index.php/CI/article/>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s.f.). Servicio Sismológico Nacional/ preguntas frecuentes. México. <http://www.ssn.unam.mx/divulgacion/preguntas/>
- Yuan, W.; LI, L.; & Li, Y. (2017). *Seismic Isolation and Energy Dissipation Systems*. *Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration* (Vol. XVI).