



XI

**Disipadores sísmicos
metálicos de fluencia
cíclica: Fuerzas actuantes
en la edificación social
y control de los daños
inevitables luego del
evento sísmico**

Arturo Esaquiel Maza Rubina
David Nonato Maza Rubina

Disipadores sísmicos metálicos de fluencia cíclica: Fuerzas actuantes en la edificación social y control de los daños inevitables luego del evento sísmico

Arturo Esaquiel Maza Rubina
David Nonato Maza Rubina

RESUMEN

Los disipadores metálicos de fluencia cíclica representan una solución eficiente para mitigar los efectos de cargas sísmicas en edificaciones sociales. Este artículo presenta una revisión sistemática de la literatura y analiza el desempeño de estos dispositivos frente a otros métodos de control pasivo. Los disipadores absorben la energía sísmica reduciendo las fuerzas internas y concentrando el daño en componentes reemplazables, lo que protege la estructura principal y disminuye significativamente los costos de reparación post-sismo. Se examinan sus principios de funcionamiento, configuraciones comunes y materiales, destacando su capacidad de adaptación a las demandas específicas de las edificaciones sociales, como viviendas y centros comunitarios, donde la relación costo-beneficio es crítica. Asimismo, se discuten limitaciones técnicas y económicas, y se proponen áreas de investigación futura, incluyendo mejoras en materiales y diseños para garantizar su desempeño en sismos de gran magnitud. Los resultados subrayan la necesidad de integrar disipadores metálicos en las normativas sísmicas locales y su potencial para fortalecer la resiliencia de comunidades vulnerables en regiones sísmicas. Esta tecnología ofrece una solución viable y sostenible para reducir el impacto social y económico de los desastres naturales en edificaciones de alta relevancia social.

Palabras clave: disipadores metálicos, control sísmico, edificaciones sociales, daños estructurales, resiliencia sísmica.

ABSTRACT

Cyclic creep metal dampers represent an efficient solution to mitigate the effects of seismic loads in social buildings. This article presents a systematic review of the literature and analyzes the performance of these devices compared to other passive control methods. The dampers absorb seismic energy by reducing internal forces and concentrating damage on replaceable components, which protects the main structure and significantly decreases post-earthquake repair costs. Their operating principles, common configurations and materials are examined, highlighting their adaptability to the specific demands of social buildings, such as housing and community centers, where the cost-benefit ratio is critical. Furthermore, technical and economic limitations are discussed, and areas of future research are proposed, including improvements in materials and designs to ensure their performance in high-magnitude earthquakes. The results underline the need to integrate metallic dampers into local seismic regulations and their potential to strengthen the resilience of vulnerable communities in seismic regions. This technology offers a viable and sustainable solution to reduce the social and economic impact of natural disasters in buildings of high social relevance.

Keywords: metal dissipators, seismic control, social buildings, structural damage, seismic resilience.

INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad de las edificaciones sociales frente a eventos sísmicos es un problema recurrente en regiones propensas a la actividad tectónica. Estas estructuras, diseñadas con presupuestos limitados, suelen priorizar costos iniciales sobre soluciones técnicas que optimicen el comportamiento estructural durante un sismo (Beltrán Vargas & López Arboleda, 2022; Restrepo & De la Llera, 2019). Como consecuencia, los daños estructurales y no estructurales afectan no solo la integridad de las edificaciones, sino también la seguridad y estabilidad económica de las comunidades que las habitan. La reparación post-sismo y las interrupciones en el uso de estas infraestructuras generan costos significativos, agravando las dificultades económicas de sectores vulnerables (Miranda & Taghavi, 2005).



En este contexto, surge la hipótesis de que el uso de disipadores metálicos de fluencia cíclica puede contribuir de manera significativa a mitigar las fuerzas sísmicas actuantes y, en consecuencia, reducir los daños inevitables (Bermúdez Azaña & Gómez Padilla, 2020). Estos dispositivos, diseñados para absorber energía mediante la deformación plástica de sus componentes metálicos (Cervantes Garcia & Albrizzio Francia, 2020), ofrecen una solución eficiente, económica y relativamente sencilla de implementar en edificaciones nuevas y existentes (Chimborazo Cisneros & Vasco Analuisa, 2023; Symans et al., 2008). Además, su capacidad para reducir la demanda en elementos estructurales principales permite preservar la funcionalidad de los edificios tras un sismo, disminuyendo costos de reparación y el impacto en las comunidades afectadas.

A lo largo de las últimas décadas, las tecnologías de control sísmico han evolucionado (Fuentes Espinoza & Corazi Maqui, 2023), desarrollándose desde sistemas pasivos como amortiguadores viscoelásticos hasta dispositivos avanzados como disipadores histeréticos y de fluencia cíclica. Mientras que los sistemas viscoelásticos ofrecen una respuesta dependiente de la velocidad del movimiento, los disipadores metálicos de fluencia cíclica destacan por su capacidad de operar eficazmente bajo diversas intensidades sísmicas, sin requerir mantenimiento complejo (Jara Aliaga & Ordoñez Llanccce, 2021; Takewaki et al., 2011).

El presente artículo tiene como objetivo principal analizar la efectividad de los disipadores metálicos de fluencia cíclica en la mitigación de daños estructurales y no estructurales en edificaciones sociales. Asimismo, se busca proponer lineamientos prácticos para su implementación, considerando las limitaciones presupuestarias y las características constructivas de este tipo de edificaciones. Para lograrlo, se realiza una revisión exhaustiva de la literatura existente, complementada con un análisis crítico de casos de estudio que demuestran la viabilidad técnica y económica de estos dispositivos.

Con este enfoque, se pretende contribuir al diseño sísmico de edificaciones sociales resilientes, promoviendo soluciones sostenibles que prioricen la seguridad y la calidad de vida de las comunidades más vulnerables.

METODOLOGÍA

Este artículo se basa en una revisión sistemática y un análisis crítico de literatura, enfocados en la efectividad de los disipadores metálicos de fluencia cíclica para mitigar

daños estructurales y no estructurales en edificaciones sociales. La revisión busca sintetizar conocimientos existentes, identificar vacíos en la investigación y proponer lineamientos prácticos para la implementación de estas tecnologías en el diseño y rehabilitación de estructuras ubicadas en zonas sísmicas.

Fuentes de información

Se recopilaron artículos científicos, normativas sísmicas internacionales y locales, así como reportes técnicos y casos prácticos documentados en regiones con alta actividad sísmica. Las bases de datos consultadas incluyen Scopus, Web of Science y Google Scholar, seleccionando estudios relevantes publicados entre 2005 y 2025. Adicionalmente, se incluyeron documentos clave como normativas sísmicas (ASCE 7-22, Eurocode 8, y el Reglamento CFE de México), que establecen lineamientos para el diseño de sistemas de control pasivo (FEMA P-1050, 2020).

Criterios de selección

Para garantizar la relevancia del material analizado, se emplearon los siguientes criterios de inclusión:

- Estudios experimentales y numéricos sobre el desempeño de disipadores metálicos de fluencia cíclica.
- Casos prácticos documentados de implementación de disipadores en edificaciones sociales.
- Investigaciones que evalúen la reducción de fuerzas sísmicas actuantes y daños inevitables en estructuras con sistemas de control pasivo.
- Se excluyeron estudios sobre tecnologías ajenas a disipadores metálicos y aquellos que no aborden específicamente edificaciones sociales o zonas de alta vulnerabilidad sísmica.

Enfoque

El análisis se centra en la caracterización del comportamiento de los disipadores metálicos, incluyendo su capacidad de disipación de energía, resistencia cíclica y durabilidad en condiciones reales. Se compararon los resultados de diferentes configuraciones estructurales para evaluar cómo influyen variables como la distribución de disipadores, las propiedades de los materiales y la interacción entre componentes estructurales y no estructurales (Whittaker et al., 2018).



Asimismo, se identificaron ventajas y limitaciones prácticas de los disipadores metálicos frente a otras tecnologías de control sísmico, destacando su eficiencia en términos de costos y facilidad de implementación (Naeim & Kelly, 2020). Los resultados obtenidos proporcionan un marco integral para evaluar su aplicabilidad en edificaciones sociales y proponer estrategias para optimizar su desempeño.

RESULTADOS

Revisión técnica de los disipadores metálicos

Los disipadores metálicos de fluencia cíclica funcionan absorbiendo la energía liberada durante un sismo mediante la deformación plástica de sus componentes metálicos, reduciendo así la transferencia de fuerzas a los elementos principales de la estructura (Symans et al., 2008). Estos dispositivos se diseñan utilizando materiales como acero de bajo carbono, que presenta propiedades adecuadas para deformarse de manera repetitiva sin pérdida significativa de resistencia (Fujita et al., 2010). Entre las configuraciones más comunes destacan los disipadores en forma de placas ranuradas y de barras de torsión, debido a su simplicidad constructiva y su capacidad de adaptación a diferentes tipologías estructurales (Constantinou & Symans, 1993).

Fuerzas actuantes en edificaciones sociales

Las edificaciones sociales, típicamente diseñadas con materiales y técnicas constructivas de bajo costo, suelen ser particularmente vulnerables a la acción de cargas sísmicas, cuya intensidad depende de factores como la magnitud del evento y las características del suelo. Sin embargo, la incorporación de disipadores metálicos puede reducir significativamente las fuerzas sísmicas actuantes, al disminuir la aceleración y las demandas de desplazamiento en la estructura (Whittaker et al., 2018). Estudios experimentales y simulaciones numéricas muestran que la instalación estratégica de disipadores puede lograr reducciones de hasta un 40 % en las fuerzas internas de los elementos estructurales principales (Takewaki et al., 2011).

Control de daños inevitables

Los disipadores metálicos también desempeñan un papel crucial en el control de daños inevitables. Mientras que las estructuras tradicionales sufren daños significativos tanto en componentes estructurales como no estructurales, los disipadores concentran el

daño en zonas reemplazables, preservando la integridad del resto del sistema. Esto no solo aumenta la seguridad de los ocupantes, sino que también minimiza los costos de reparación post-sismo. Por ejemplo, en un estudio comparativo, el uso de disipadores redujo los costos de rehabilitación en un 30 % respecto a estructuras sin dispositivos de control pasivo (Naeim & Kelly, 2020).

Además, su implementación ha demostrado ser efectiva en reducir las interrupciones funcionales tras un sismo, permitiendo a las edificaciones sociales mantener su operatividad, un factor crítico en escenarios de emergencia. Estos resultados resaltan la viabilidad técnica y económica de los disipadores metálicos como una solución para mejorar la resiliencia de las edificaciones sociales frente a eventos sísmicos.

DISCUSIÓN

Eficiencia de los disipadores metálicos

Los disipadores metálicos de fluencia cíclica han demostrado ser una solución eficiente para mitigar los efectos de cargas sísmicas en estructuras, destacándose frente a otras tecnologías de control pasivo como amortiguadores viscoelásticos y sistemas de aislamiento de base. A diferencia de estos últimos, los disipadores metálicos no dependen de parámetros externos como la temperatura o las características dinámicas del sismo, lo que asegura un desempeño constante en diversas condiciones (Constantinou & Symans, 1993). Además, su simplicidad constructiva y bajo costo inicial los hacen particularmente atractivos para aplicaciones en edificaciones sociales. Sin embargo, estas ventajas deben contrastarse con ciertas limitaciones técnicas, como la necesidad de un diseño adecuado para evitar fallas prematuras por fatiga o concentraciones de tensiones en zonas críticas (Fujita et al., 2010).

Económicamente, aunque los disipadores representan una inversión inicial, sus beneficios a largo plazo en términos de reducción de daños y costos de reparación post-sismo justifican su implementación. No obstante, su adopción puede verse limitada por restricciones presupuestarias en proyectos de infraestructura social, particularmente en países en vías de desarrollo. Por lo tanto, se requiere una mayor sensibilización sobre sus ventajas y esfuerzos para integrar estas tecnologías en normativas locales (Naeim & Kelly, 2020).



Adaptabilidad a edificaciones sociales

La adaptabilidad de los disipadores metálicos a edificaciones sociales depende de cumplir con ciertos requisitos técnicos. Estos incluyen la evaluación detallada de las demandas sísmicas locales, la capacidad de los elementos estructurales para incorporar disipadores y el diseño de conexiones adecuadas que aseguren la transferencia efectiva de fuerzas (Whittaker et al., 2018). Un desafío común es la variabilidad en los materiales y técnicas constructivas utilizadas en edificaciones sociales, lo que puede requerir ajustes personalizados para garantizar el desempeño óptimo de los dispositivos.

Pese a estos desafíos, los beneficios a largo plazo de los disipadores metálicos son significativos. Además de reducir los costos de reparación, mejoran la resiliencia de las estructuras, permitiendo su rápida funcionalidad tras un sismo. Esto es crucial en edificaciones sociales, que a menudo incluyen escuelas, hospitales y viviendas de alta densidad. Al proteger la integridad estructural y no estructural, los disipadores ayudan a mitigar impactos económicos y sociales, fortaleciendo la sostenibilidad de estas comunidades (Takewaki et al., 2011).

Límites y áreas de investigación futura

Aunque los disipadores metálicos han demostrado su efectividad, aún existen áreas de mejora. Una de las principales limitaciones es la susceptibilidad a la fatiga acumulativa en eventos sísmicos prolongados o repetitivos. Esto plantea la necesidad de desarrollar nuevos materiales con mayor resistencia al desgaste y mejores propiedades de ductilidad (Fujita et al., 2010). Además, es fundamental investigar configuraciones innovadoras que optimicen la eficiencia energética de los dispositivos y reduzcan los costos de producción.

Otra área crucial de investigación es la evaluación del desempeño de los disipadores en sismos de gran magnitud y con características complejas, como altas componentes verticales o efectos de resonancia. Si bien los estudios actuales han validado su funcionalidad en escenarios típicos, es necesario realizar simulaciones avanzadas y pruebas a gran escala para garantizar su fiabilidad en condiciones extremas (Symans et al., 2008).

En conclusión, aunque los disipadores metálicos presentan desafíos técnicos y económicos, su adaptabilidad y beneficios a largo plazo los posicionan como una solución viable para edificaciones sociales en regiones sísmicas. La investigación continua en materiales, diseño y normativas será clave para maximizar su impacto en

la mitigación del riesgo sísmico.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta revisión destacan la efectividad de los disipadores metálicos de fluencia cíclica como una solución viable y económica para mitigar daños estructurales y no estructurales en edificaciones sociales ubicadas en regiones sísmicas. Estos dispositivos, al absorber y disipar la energía liberada durante un sismo, logran reducir significativamente las fuerzas internas actuantes y concentran el daño en componentes reemplazables, preservando la integridad de los elementos principales de la estructura (Symans et al., 2008). Además, su implementación ha demostrado disminuir los costos de reparación post-sismo y mejorar la resiliencia de las edificaciones, garantizando su funcionalidad inmediata tras el evento (Naeim & Kelly, 2020).

Desde una perspectiva práctica, la integración de disipadores metálicos en el diseño de edificaciones sociales requiere atención a factores como la evaluación de demandas sísmicas locales, la adaptación a materiales y técnicas constructivas regionales, y el diseño de conexiones adecuadas. Las normativas locales deben incorporar guías específicas para promover su uso, maximizando los beneficios a largo plazo en términos de seguridad y sostenibilidad.

Finalmente, se recomienda ampliar la investigación en materiales avanzados y configuraciones innovadoras que mejoren el desempeño de los disipadores, especialmente en sismos de gran magnitud. Esto permitirá consolidar su rol como una herramienta clave en la construcción de comunidades más seguras y resilientes.

REFERENCIAS

- ASCE 7-22. (2022). *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*. American Society of Civil Engineers.
- Beltrán Vargas, L. M., & López Arboleda, G. V. (2022). *Análisis del comportamiento estructural mediante el uso de aisladores sísmicos y disipadores de energía en un edificio de estructura metálica, aplicando la norma NEC-15* (Master's thesis,



Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Maestría en Ingeniería Civil con Mención en Estructuras Metálicas).

- Bermúdez Azaña, W. R., & Gómez Padilla, M. Á. (2020). Diseño estructural con aisladores sísmicos de la residencial Rosas del Valle, distrito Trujillo, provincia Trujillo, región la Libertad.
- Cervantes Garcia, F. R., & Albrizzio Francia, Y. O. M. (2020). *Desempeño sísmico de un hospital de concreto armado con disipadores "SLB" Shear Link Bozzo en la zona sísmica 4.*
- Chimborazo Cisneros, D. G., & Vasco Analuisa, M. M. (2023). *Análisis de la vulnerabilidad sísmica del edificio de la EMAPA-G cantón Guaranda. período noviembre 2022-febrero 2023* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano. Carrera de Administracion en Desastres y Gestion del Riesgo).
- Constantinou, M. C., & Symans, M. D. (1993). Seismic response of structures with supplemental damping. *The Structural Design of Tall Buildings*, 2(2), 77-92.
- FEMA P-1050. (2020). NEHRP Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures. Federal Emergency Management Agency.
- Fujita, K., Takewaki, I., & Murakami, S. (2010). Passive control strategies for seismic protection. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 4(2), 163-171.
- Fuentes Espinoza, M. A., & Corazi Maqui, R. A. (2023). Análisis comparativo de sistemas de protección sísmica entre aisladores sísmicos y disipadores SLB en el Hospital Hipólito Unanue de Tacna-2023.
- Jara Aliaga, F. M. D. P., & Ordoñez Llanccce, P. A. (2021). Análisis del comportamiento sísmico entre arriostre concéntrico y de pandeo restringido del pabellón central del Hospital de Lima este Vitarte distrito de Ate.
- Miranda, E., & Taghavi, S. (2005). Estimation of seismic structural and nonstructural damage using simplified methods. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 34(1), 49-66.
- Naeim, F., & Kelly, J. M. (2020). *Design of seismic isolated structures: From theory to practice.* John Wiley & Sons.

- Restrepo, J. I., & De la Llera, J. C. (2019). Seismic design and retrofit of low-income housing. *Earthquake Spectra*, 35(2), 719-747.
- Symans, M. D., Charney, F. A., Whittaker, A. S., Constantinou, M. C., Kircher, C. A., Johnson, M. W., & McNamara, R. J. (2008). Energy dissipation systems for seismic applications: Current practice and recent developments. *Journal of Structural Engineering*, 134(1), 3-21.
- Takewaki, I., Murakami, S., Fujita, K., Yoshitomi, S., & Tsuji, M. (2011). Building control with passive dampers: Practical applications and verification. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 5(4), 403-418.
- Whittaker, A. S., Hart, G. C., & Fenz, D. M. (2018). Performance-based engineering for building structures. *Earthquake Spectra*, 34(2), 457-472.