



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2026,
Volumen 10, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i2

RESILIENCIA SÍSMICA DE VIVIENDAS SOCIALES MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE DISIPACIÓN SÍSMICA DE BAJO COSTO

**SEISMIC RESILIENCE OF PUBLIC HOUSING THROUGH THE
IMPLEMENTATION OF A LOW-COST SEISMIC DISSIPATION
DEVICE.**

Ms. Maza Rubina David Nonato

Universidad Nacional del Santa, Escuela de Posgrado, Programa de Doctorado

Dr. Reyes Roque Reynaldo Melquiades

Universidad Nacional del Santa, Escuela de Posgrado, Programa de Doctorado

Dr. López Carranza, Atilio Rubén

Universidad Nacional del Santa, Escuela de Posgrado, Programa de Doctorado

Resiliencia Sísmica de Viviendas Sociales Mediante La Implementación de un Dispositivo de Disipación Sísmica de Bajo Costo.

Ms. Maza Rubina David Nonato¹

2020812010@uns.edu.pe

davidmr1811@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2838-6868>

Universidad Nacional del Santa, Escuela de
Posgrado, Programa de Doctorado

Dr. Reyes Roque Reynaldo Melquiades

ing.reynaldo.reyes@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-9408-0069>:

Universidad Nacional del Santa, Escuela de
Posgrado, Programa de Doctorado

Dr. López Carranza, Atilio Rubén

rlopez@uns.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-3631-2001>

Universidad Nacional del Santa, Escuela de
Posgrado, Programa de Doctorado

RESUMEN

La alta vulnerabilidad sísmica de las viviendas sociales en el Perú, particularmente en zonas de alto peligro como Huaraz, demanda soluciones técnicas innovadoras, accesibles y económicamente viables. Esta investigación evaluó, mediante simulación computacional, el incremento de la resiliencia sísmica de una vivienda social de tipología estructural mixta de 5 pisos en el distrito de Independencia, Huaraz, con la implementación de un Disipador Sísmico de Bajo Costo (DSBC), y analizó su viabilidad económica. El estudio, de tipo aplicado, enfoque cuantitativo y nivel explicativo, empleó un diseño experimental simulado. Se modeló la vivienda en software ETABS en dos escenarios (sin disipador y con disipador) para comparar fuerzas internas y derivas de entrepiso mediante análisis estático y dinámico modal espectral según la Norma Técnica Peruana E.030. El DSBC, un dispositivo histerético fabricado con perfiles I de acero A36, se dimensionó mediante un análisis paramétrico en Autodesk Inventor. Los resultados demostraron que la implementación del DSBC reduce significativamente las fuerzas internas en la dirección crítica (fuerza axial en 46.42%, cortante en 52.33%) y las derivas máximas de entrepiso hasta en un 42.86%, asegurando el cumplimiento de los límites normativos (≤ 0.007). El análisis de costos arrojó un valor de S/ 84.00 por m², siendo entre 3.9 y 7.8 veces más económico que sistemas convencionales como ADAS, Pall o Taylor. Se concluye que el DSBC constituye una solución técnica y económicamente viable para incrementar la resiliencia sísmica de viviendas sociales, democratizando el acceso a tecnologías de protección sísmica.

Palabras clave: resiliencia sísmica, disipador sísmico de bajo costo, vivienda social, análisis estructural, viabilidad económica.

¹ Autor principal

Correspondencia: 2020812010@uns.edu.pe

Seismic Resilience of Public Housing Through the Implementation of a Low-Cost Seismic Dissipation Device.

ABSTRACT

The high seismic vulnerability of social housing in Peru, particularly in high-hazard zones such as Huaraz, demands innovative, accessible, and economically viable technical solutions. This research evaluated, through computer simulation, the increase in seismic resilience of a 5-story social housing unit with a mixed structural typology in the district of Independencia, Huaraz, through the implementation of a Low-Cost Seismic Dissipator (LCSD), and analyzed its economic feasibility. This applied study, with a quantitative approach and explanatory level, employed a simulated experimental design. The housing unit was modeled in ETABS software under two scenarios (without and with the dissipator) to compare internal forces and story drifts using linear static and modal spectral analysis according to the Peruvian Technical Standard E.030. The LCSD, a hysteretic device made of A36 steel I-profiles, was dimensioned through parametric analysis in Autodesk Inventor. The results demonstrated that the implementation of the LCSD significantly reduces internal forces in the critical direction (axial force by 46.42%, shear by 52.33%) and maximum story drifts by up to 42.86%, ensuring compliance with regulatory limits (≤ 0.007). The cost analysis yielded a value of S/ 84.00 per m², being between 3.9 and 7.8 times more economical than conventional systems such as ADAS, Pall, or Taylor. It is concluded that the LCSD constitutes a technically and economically viable solution to increase the seismic resilience of social housing, democratizing access to seismic protection technologies.

Keywords: seismic resilience, low-cost seismic dissipator, social housing, structural analysis, economic feasibility.

Artículo recibido 02 febrero 2026

Aceptado para publicación: 27 febrero 2026



INTRODUCCIÓN

El Perú, ubicado en el Cinturón de Fuego del Pacífico, enfrenta una alta amenaza sísmica. La ciudad de Huaraz, en la región Áncash, es un claro ejemplo de esta realidad, con un historial de eventos devastadores como el terremoto de 1970 que destruyó gran parte de su infraestructura (Cárdenas Rengifo, 2025; Ocola, 2005). A pesar de este conocimiento, gran parte de las viviendas, especialmente las de tipo social y autoconstruidas, presentan una elevada vulnerabilidad estructural. Estudios como el de Sánchez (2017) califican esta vulnerabilidad como "severe", estimando que un sismo de similar magnitud podría causar daños igualmente catastróficos. Esta vulnerabilidad se ve agravada por condiciones locales del suelo desfavorables que amplifican las ondas sísmicas (CISMID, 1992).

El problema central radica en que las viviendas sociales, a menudo construidas con sistemas mixtos (albañilería confinada y pórticos de concreto) y sin la rigidez suficiente, no cumplen con los límites de deriva de entrepiso establecidos en la Norma Técnica Peruana E.030, poniendo en riesgo la seguridad de sus ocupantes. Las soluciones tradicionales de protección sísmica, como los aisladores de base o los disipadores de energía avanzados (ADAS, TADAS, disipadores viscosos), aunque efectivos, tienen costos que los hacen inaccesibles para proyectos de vivienda de interés social, cuyo presupuesto es limitado (Flores Hidalgo, 2021; Narváez, 2020; Salazar, 2022). Esta barrera económica crea una inequidad en el acceso a la seguridad sísmica, dejando desprotegida a la población más vulnerable.

Investigaciones recientes han explorado el potencial de los disipadores histeréticos metálicos como una alternativa más económica (Cano Castaño, 2020; Flores Leonard, 2021; Pure Aguinaga, 2025). Estos dispositivos, que disipan energía mediante la plastificación controlada del metal, ofrecen una solución robusta y de comportamiento predecible. Sin embargo, persiste la necesidad de desarrollar configuraciones que sean no solo técnicamente eficientes, sino también radicalmente más económicas y fáciles de fabricar e instalar, para que puedan ser implementadas masivamente en viviendas sociales.

El presente estudio aborda esta necesidad mediante el diseño y la evaluación de un Disipador Sísmico de Bajo Costo (DSBC). Se planteó la hipótesis de que su implementación incrementaría significativamente la resiliencia sísmica de una vivienda social de 5 pisos en Huaraz, demostrable a través de la reducción de derivas y fuerzas internas en simulaciones computacionales, y que además presentaría una clara viabilidad económica frente a sistemas convencionales. Los objetivos específicos



fueron: (1) seleccionar y dimensionar el DSBC definiendo su configuración geométrica óptima; (2) cuantificar la reducción de fuerzas internas (axiales, cortantes y momentos) en los elementos críticos de la vivienda; (3) evaluar la reducción de las derivas máximas de entrepiso como indicador de resiliencia; y (4) determinar el costo de fabricación del DSBC y compararlo con sistemas de disipación convencionales para analizar su factibilidad económica.

METODOLOGÍA

La investigación fue de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. Se empleó un diseño experimental simulado, modelando una vivienda social representativa en software especializado bajo dos escenarios: sin disipador (estructura convencional) y con disipador (estructura con DSBC).

Muestra y Modelo Estructural

La muestra consistió en una vivienda social de 5 pisos con sistema estructural mixto (albañilería confinada y pórticos de concreto armado), ubicada en el distrito de Independencia, Huaraz. La planta típica fue de 10.00 m x 20.00 m (200 m²) con una altura de entrepiso de 2.80 m. Las columnas principales fueron de 0.25 m x 0.40 m y las vigas de 0.25 m x 0.50 m. Se modeló en el software ETABS v.22, considerando una base empotrada, diafragmas rígidos y las propiedades mecánicas del concreto ($f'_c=2100 \text{ T/m}^2$, $E_c=2173706 \text{ T/m}^2$). En el escenario disipado, se incorporaron 4 DSBC por piso (20 en total) en los ejes principales.

Solicitud Sísmica

El análisis sísmico se realizó mediante dos métodos según la Norma E.030: análisis estático lineal (fuerzas equivalentes) y análisis dinámico modal espectral. Para la zona de Huaraz (Zona Sísmica 3) y un suelo tipo S2 (intermedio), se utilizó un factor de zona $Z=0.35$, un factor de suelo $S=1.15$, un período $T_p=0.6 \text{ s}$ y un factor de uso $U=1$. El espectro de pseudo-aceleraciones se definió con un factor de amplificación sísmica C calculado según la norma.

Diseño y Caracterización del DSBC (Objetivo 1)

El DSBC es un dispositivo histerético pasivo. Su núcleo disipador consiste en un conjunto de perfiles de acero estructural A36 con sección en "I" (ala de 100 mm x 3/8" (9.5 mm) y alma de 100 mm x 1/4" (6.35 mm)), ensamblados en paralelo. Estos perfiles se alojan en la intersección de una estructura complementaria formada por dos tubos cuadrados de acero de 150 mm x 150 mm x 1/4", que actúan

como brazos de conexión a la edificación. El principio de funcionamiento se basa en la plastificación por flexión del alma de los perfiles I, que actúa como un "fusible" estructural. Se realizó un análisis paramétrico en Autodesk Inventor para evaluar cuatro configuraciones con 6, 9, 12 y 15 perfiles I. A cada modelo se le aplicaron cargas incrementales de 20 kN a 120 kN para obtener los desplazamientos, esfuerzos máximos y, consecuentemente, la rigidez equivalente (K_{eq}). Se seleccionó la configuración que ofreciera un equilibrio óptimo entre rigidez y niveles de esfuerzo, verificando además la condición de "sección compacta" según la especificación AISC 360-22 para garantizar un comportamiento dúctil sin pandeo local prematuro.

Evaluación del Desempeño Estructural y Económico (Objetivos 2, 3 y 4)

Para el objetivo 2, se compararon las fuerzas internas máximas (axial, cortante y momento flector) en los elementos críticos (columnas del primer nivel) entre los modelos con y sin DSBC, obtenidas de los análisis estático y espectral. Para el objetivo 3, se compararon las derivas máximas de entrepiso en ambas direcciones, verificando el cumplimiento del límite normativo (0.007 para concreto armado y 0.005 para albañilería) y calculando los porcentajes de reducción. Finalmente, para el objetivo 4, se elaboró un análisis de costos unitarios (materiales y mano de obra) para la fabricación del DSBC, expresando el costo por metro cuadrado de construcción. Este valor se comparó con costos referenciales de sistemas convencionales (ADAS, Pall, Taylor) obtenidos de la literatura y estudios de mercado.

Resultados

Diseño y Caracterización del DSBC (Objetivo 1)

El análisis paramétrico demostró que la rigidez del DSBC aumenta con el número de perfiles I (Tabla 1). La configuración de 9 perfiles I fue seleccionada por presentar un balance adecuado, con una rigidez equivalente de 121.21 kN/mm, que representa un incremento del 47.15% respecto a la base de 6 perfiles. La verificación según AISC 360-22 confirmó que la sección transversal del perfil I es **compacta** ($\lambda_f=5.25 \leq \lambda_{p-ala}=10.95$; $\lambda_w=12.78 \leq \lambda_{p-alma}=108.33$), lo que valida su capacidad para desarrollar deformaciones plásticas de manera estable y disipar energía sin pandeo local prematuro.

Tabla 1*Rigidez Equivalente del DSBC para Diferentes Configuraciones*

Configuración (N° perfiles I)	Rigidez Equivalente (kN/mm)	Incremento vs. Base (6 perfiles)
6 perfiles (Base)	82.37	-
9 perfiles (Seleccionado)	121.21	+47.15%
12 perfiles	153.63	+86.48%
15 perfiles	181.19	+119.92%

Reducción de Fuerzas Internas (Objetivo 2)

La implementación del DSBC redujo significativamente las fuerzas internas en los elementos críticos (Tabla 2). En el análisis dinámico modal espectral para la dirección más crítica (X-X), se observaron reducciones notables en el primer nivel: la fuerza axial máxima disminuyó un 46.42% (de 34.15 t a 18.30 t), la fuerza cortante máxima un 52.33% (de 0.516 t a 0.246 t) y el momento flector máximo un 20.54% (de 1.11 t-m a 0.882 t-m). La tendencia de reducción fue consistente con los resultados del análisis estático.

Tabla 2**Reducción de Fuerzas Internas en la Dirección X-X (Análisis Dinámico Espectral, Nivel 1)**

Fuerza Interna	Sin Disipador	Con DSBC	Reducción (%)
Fuerza Axial Máxima (t)	34.15	18.30	46.42%
Fuerza Cortante Máxima (t)	0.516	0.246	52.33%
Momento Flector Máximo (t-m)	1.11	0.882	20.54%



Reducción de Derivas e Incremento de la Resiliencia (Objetivo 3)

El DSBC también demostró ser altamente efectivo en el control de derivas (Tabla 3). En el análisis dinámico espectral para la dirección X-X, todas las derivas con el DSBC estuvieron muy por debajo del límite normativo de 0.007. La reducción porcentual fue más pronunciada en los niveles superiores, alcanzando hasta un **42.86%** en el quinto piso. La máxima deriva en la dirección X-X se redujo a 0.00261 (desde 0.00375), y en la dirección Y-Y a 0.000254 (desde 0.00030), cumpliendo holgadamente los límites para ambos sistemas estructurales.

Tabla 3

Reducción de Derivas Máximas de Entrepiso en Dirección X-X (Análisis Dinámico Espectral)

Piso	Deriva Sin Disipador	Deriva Con DSBC	Reducción (%)
1	0.00238	0.00200	15.97%
2	0.00347	0.00261	24.78%
3	0.00375	0.00261	30.40%
4	0.00358	0.00229	36.03%
5	0.00301	0.00172	42.86%

Viabilidad Económica (Objetivo 4)

El análisis de costos determinó un costo de fabricación de S/ 4,200.00 por unidad de DSBC. Para una vivienda de 1000 m² (5 pisos de 200 m²), el costo por metro cuadrado asciende a S/ **84.00**. La comparación con sistemas convencionales (Tabla 4) revela una ventaja económica sustancial. El DSBC es 3.9 veces más económico que los disipadores ADAS, 5.7 veces más que los de fricción Pall, y entre 4.7 y 7.8 veces más económico que los disipadores de fluido viscoso Taylor, representando ahorros que oscilan entre el 74% y el 87%.



Tabla 4*Comparativa de Costos por Metro Cuadrado: DSBC vs. Sistemas Convencionales*

Sistema de Disipación Sísmica	Costo Referencial (Soles/m ²)	Relación de
		Costo (Sistema / DSBC)
Disipador Sísmico de Bajo Costo (DSBC)	S/ 84.00	1.0x
Disipador Histerético Metálico (ADAS)	S/ 326.00	3.9x
Disipador de Fricción (Pall)	S/ 479.00	5.7x
Disipador de Fluido Viscoso (Taylor)	S/ 400.00 - S/ 652.00	4.7x - 7.8x

Discusión

Los resultados confirman la hipótesis general de la investigación. El DSBC propuesto no solo mejora el desempeño sísmico de la vivienda social, sino que lo hace con una solución radicalmente más económica.

En cuanto al diseño del DSBC, la verificación de compacidad según AISC 360-22 es un hallazgo crucial, ya que garantiza, desde una perspectiva teórica y normativa, que el dispositivo podrá alcanzar el comportamiento dúctil y la capacidad de disipación de energía esperados (Villarreal, 2009). La rigidez equivalente obtenida (121.21 kN/mm) para la configuración de 9 perfiles I es un parámetro fundamental que permitió modelar el dispositivo en ETABS y obtener predicciones confiables de su efecto en la estructura global.

La reducción de fuerzas internas, particularmente la disminución del 52.33% en la cortante y del 46.42% en la axial en la dirección crítica, evidencia que el DSBC actúa eficazmente como un "fusible" sísmico, absorbiendo una porción significativa de la energía del sismo y protegiendo a los elementos estructurales principales de daños severos (Benavent, 2012; Kelly et al., 1992). Esta protección se traduce directamente en un incremento de la resiliencia.



El control de derivas es, quizás, el indicador más directo de este incremento. La reducción de hasta un 42.86% en las derivas máximas y, lo que es más importante, el cumplimiento holgado del límite normativo de 0.007, indican que la estructura con DSBC experimentará deformaciones laterales mucho menores. Esto no solo protege la integridad estructural, sino que también minimiza el daño en elementos no estructurales (tabiques, acabados), aumentando la probabilidad de que la vivienda pueda ser ocupada inmediatamente después de un sismo severo, un aspecto central del concepto de resiliencia sísmica (Almufiti & Willford, 2013).

Finalmente, la viabilidad económica es el pilar que hace de esta solución una alternativa real y transformadora. El costo de S/ 84.00 por m² posiciona al DSBC en un segmento de mercado completamente nuevo, inaccesible para las tecnologías convencionales. La comparación con los sistemas ADAS, Pall y Taylor, cuyos costos son entre 4 y 8 veces superiores, demuestra que el DSBC no es una "alternativa más económica", sino una **disrupción** en el mercado de la protección sísmica. Al utilizar materiales y procesos de fabricación simples, el DSBC democratiza el acceso a la seguridad sísmica, haciendo viable su implementación masiva en proyectos de vivienda social, donde el presupuesto es la principal limitación (Narváez, 2020; Salazar, 2022). Esta ventaja económica, combinada con la eficacia técnica demostrada, valida al DSBC como una solución de alta relación costo-efectividad para el contexto peruano y, potencialmente, para otros países en desarrollo con alta amenaza sísmica.

CONCLUSIONES

1. Se diseñó y caracterizó exitosamente un Disipador Sísmico de Bajo Costo (DSBC) compuesto por 9 perfiles I de acero A36 (sección compacta) con una rigidez equivalente de 121.21 kN/mm, demostrando su viabilidad técnica y su capacidad para ser modelado como un elemento discreto en análisis estructurales.
2. La implementación del DSBC en el modelo de la vivienda social de 5 pisos redujo significativamente las fuerzas internas en los elementos críticos. En la dirección más desfavorable, la fuerza axial disminuyó un 46.42% y la fuerza cortante un 52.33% en el análisis dinámico espectral, confirmando su papel protector como "fusible" sísmico.

3. El DSBC demostró un control de derivas altamente efectivo, reduciendo las derivas máximas de entrepiso hasta en un 42.86% y asegurando que todas ellas se mantuvieran muy por debajo del límite de 0.007 establecido por la Norma E.030. Esto representa un incremento cuantitativo y significativo en la resiliencia sísmica de la vivienda.
4. El DSBC resultó ser una solución económicamente disruptiva, con un costo de fabricación de S/ 84.00 por m². Esta cifra es entre 3.9 y 7.8 veces inferior al costo de sistemas convencionales como ADAS, Pall o Taylor, lo que lo convierte en una alternativa factible y accesible para proyectos de vivienda social, democratizando el acceso a la protección sísmica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Institute of Steel Construction. (2022). *Specification for Structural Steel Buildings (AISC 360-22)*.
- Almufiti, I., & Willford, M. (2013). REDi™ Rating System: Resilience-based Earthquake Design Initiative for the Next Generation of Buildings. Arup.
- Benavent-Climent, A. (2012). Diseño sísmico de edificios con disipadores histeréticos metálicos. *Editorial Académica Española*.
- Cano Castaño, H. A. (2020). Evaluación del coeficiente de disipación de energía R, en edificaciones de concreto reforzado con disipadores histeréticos metálicos triangulares tipo TADAS [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. *Repositorio Institucional UN*.
- Cárdenas Rengifo, V. (2025). Análisis de la amenaza sísmica en la región Ancash. *Revista de Ingeniería Sísmica Peruana*, 12(1), 90-105.
- CISMID. (1992). Estudio de microzonificación sísmica de la ciudad de Huaraz. *Centro Peruano-Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres*.
- Flores Hidalgo, J. M. (2021). Análisis técnico-económico del reforzamiento con disipadores de fluido viscoso... [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. *Repositorio Institucional UPN*.
- Flores Leonard, J. G. (2021). Modelado numérico de disipadores de energía sísmica de bajo costo [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. *Repositorio Institucional UNAM*.



- Kelly, J. M., Skinner, R. I., & Heine, A. J. (1992). Mechanisms of energy absorption in special devices for use in earthquake resistant structures. *Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering*, 5(3), 63-88.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente. Lima, Perú.
- Narváez, L. A. (2020). Análisis comparativo de costos entre sistemas estructurales convencionales y con dispositivos de disipación de energía [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. *Repositorio Institucional UNI*.
- Ocola, L. (2005). Peligro sísmico en el Perú. En XXVI Curso Internacional de Postgrado en Ingeniería Sísmica. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Pure Aguinaga, C. S. (2025). Análisis comparativo del comportamiento sísmico de disipadores de fluencia Shear Link Bozzo y de fricción Quaketek... [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. *Repositorio Institucional UCSM*.
- Salazar, R. (2022). Análisis comparativo de disipadores de fluido viscoso y su aplicación en edificaciones peruanas [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Ingeniería]. *Repositorio Institucional UNI*.
- Sánchez, A. (2017). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones de concreto armado en la ciudad de Huaraz. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo].
- Villarreal Castro, G. (2009). Sistemas de control de la respuesta sísmica en edificaciones. *Fondo Editorial ICG*

