

Uso de Disipadores de Fluido Viscoso como medida de Reforzamiento Estructural¹

Use of Viscous Fluid Dissipators as a measure of Structural Reinforcement

A. E. Cuyán y S. P. Muñoz

Recibido: enero 29 de 2022 – Aceptado: diciembre 30 de 2022

Resumen—Perú un país de alta sismicidad a lo largo de su historia muestra en la actualidad ausencia de sismos de gran magnitud, por lo que es de prioridad analizar las estructuras existentes e influir si se requiere alguna intervención que mejore su comportamiento sismorresistente. El propósito principal de este proyecto investigativo es estimar si estos dispositivos son aptos para su uso como medida de reforzamiento estructural, es un proyecto de tipo aplicado – evaluativo, el cual muestra resultados favorables que validarían su uso, adicionando un amortiguamiento viscoso mayor al 15%, disipando así la energía sísmica en más del 85%; reduciendo los desplazamientos laterales y esfuerzos internos en los elementos verticales como columnas y muros de corte entre un 50% y 80%, por lo tanto, estos elementos requerirían menores áreas de acero, siendo una ventaja adicional su fácil implementación comparado a los métodos tradicionales de reforzamiento, confirmando que son adecuados para su uso como medida de reforzamiento.

Palabras clave—sismos, Disipadores de Fluido Viscoso, Amortiguamiento viscoso, Reforzamiento.

Abstract— Peru, a country with high seismicity throughout its history, currently shows an absence of large-magnitude earthquakes, so it is a priority to analyze existing structures and influence whether any intervention is required to improve their

earthquake-resistant behavior, the main purpose of This research project was to estimate if these devices are suitable for use as a measure of structural reinforcement, the present research project is of the applied - evaluative type, showing favorable results that would validate its use, adding a viscous damping greater than 15%, thus dissipating the seismic energy by more than 85%; reducing lateral displacements and internal forces in vertical elements such as columns and shear walls between 50% and 80%, therefore these elements would require less areas of steel, being an additional advantage its easy implementation compared to traditional reinforcement methods, confirming that they are suitable for use as a reinforcement measure.

Keywords— Earthquakes, Viscous Fluid Dissipators, viscous damping, Reinforcement.

I. INTRODUCCIÓN

ES indiscutible que, en zonas expuestas a sismos de mediana o alta magnitud, los niveles de daño a la construcción son severos e incluso llegando al colapso parcial o total de las edificaciones, siendo los más vulnerables aquellos que no son diseñados o reforzados sísmicamente, llevando consigo muchas vidas humanas y pérdidas económicas que suelen ser irre recuperables en el tiempo [1], en los últimos tiempos diversos terremotos de distinta intensidad se han manifestado en importantes ciudades del mundo, los cuales han causado muerte y destrucción [2], Perú no es la excepción puesto que está localizado en la interacción de 2 placas tectónicas (Nazca y Continental), por lo que es catalogado como un país de alta sismicidad [3], teniendo con frecuencia grandes terremotos [4], distintos estudios señalan que de haber un sismo de gran magnitud, Perú sería uno de los países más afectados [5], como ya sucedió solo por mencionar el terremoto que ocurrió en Pisco tuvo una magnitud 8.0 Mw donde 500 personas fallecieron y aproximadamente 90.000 edificaciones se desplomaron [6].

Apartir de lo ya mencionado surgen múltiples técnicas para dar solución a la vulnerabilidad sísmica de las estructuras mal concebidas, siendo los disipadores una opción viable, por ello nace la interrogativa ¿los disipadores de fluido viscoso pueden ser usados como medida de reforzamiento estructural?, hoy por hoy es importante saber y dar a conocer que hay una incertidumbre notoria en cuanto a sismos se refiere, por lo que

¹ Producto derivado del proyecto de investigación “Influencia de los disipadores de fluido viscoso en el reforzamiento del edificio (...)”, apoyado por la Universidad Señor de Sipán a través de la facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo.

A. E. Cuyán, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, email: cbarbozaarli@crece.uss.edu.pe.

S. P. Muñoz, Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú, email: msocrates@crece.uss.edu.pe.

Como citar este artículo: A. E. Cuyán y S. P. Muñoz. Uso de Disipadores de Fluido Viscoso como medida de Reforzamiento Estructural, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 16, no. 32, pp.52-57, julio-diciembre 2022. DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.2757>



las consecuencias de un evento así podría traer daños muy graves en toda la población, siendo así que incorporación de estos dispositivos podrían conllevar a reducir el riesgo de colapso de las edificaciones, incrementado el amortiguamiento interno de estas, reduciendo el impacto de la fuerza sísmica en los elementos verticales, salvaguardando la vida de sus ocupantes principalmente.

En ese sentido, como alternativa de solución a los edificios mal diseñados el empleo de sistemas de disipación de energía han resultado ser eficientes para cambiar la respuesta sísmica de la estructura y mejorar así su comportamiento sismorresistente [7], estos dispositivos tienen como fin reducir los esfuerzos internos en los miembros estructurales, los cuales han demostrado su eficacia a través de una serie de investigaciones desde 1980 [8], su simplicidad es adecuada para acomodarse a distintas formas en una edificación [9], por lo tanto estos han ganado gran popularidad en las últimas décadas, reduciendo en más del 50% los desplazamientos con amortiguamientos cercanos al 20% [10], por otro lado [11] concluyeron que los desplazamiento laterales se pueden reducir en más del 50% y las aceleraciones hasta en un 70%, [12] manifestaron que dependiendo de su emplazamiento y número de dispositivos empleados las derivas de entrepiso se ven reducidos en más del 50%, [13] mencionan que al incrementar el amortiguamiento de la estructura en 10%, 15%, 20% se reduce el riesgo de colapso puesto que mejora el comportamiento sísmico de la edificación, [14] concluyen que al incrementar el amortiguamiento interno de las estructuras las aceleraciones disminuyen y por lo tanto la probabilidad de colapso, [15] concluyeron que el uso de estos dispositivos reducen las distorsiones de entrepiso hasta en un 76%, y los esfuerzos internos de los miembros estructurales hasta en un 80%, por último [16] concluyó que la evaluación indirecta estimada de daños a nivel de sismo en un edificio tradicional sería superior a la suma de daños en un edificio con disipadores que son del tipo fluido viscoso y los sobrecostos de construcción.

En Perú el primer edificio en ser equipado con disipadores viscosos fue la Torre del Aeropuerto Internacional en Lima [17], por otro lado el “Banco la Nación” de 30 niveles, los cuales mejoraron la respuesta sísmica debido al incremento del amortiguamiento interno de la estructura [18].

II. METODOLOGÍA

El tipo de investigación es cuantitativa, aplicada – evaluativa; cuantitativa debido a que se analizó y experimentó las variables, donde los resultados se calcularon y procesaron; aplicada porque se buscó dar solución a un problema en un entorno determinado, a través del uso de conocimiento e información previa; y evaluativa donde se midió la eficiencia de los resultados, en cuanto a los propósitos establecidos.

El diseño del proyecto de investigación fue experimental, la variable ha adquirido presencia y ausencia.

O1 → O2

O1: Edificio sin disipadores de Fluido Viscoso

O2: Edificio con disipadores de Fluido Viscoso

Población y muestra

Población: Universidad Señor de Sipán

Muestra: Módulos del edificio “Centro Cultural

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación: Se tomó los planos existentes para identificar los tipos de sistemas y los miembros estructurales que la conforman.

Análisis de documentos: Se revisó la bibliografía pertinente según el tema de importancia.

Instrumentos de recolección de datos: La indagación fue llenada a través de formatos catalogados como fichas, los cuales fueron una guía hacia los objetivos planteados.

TABLA I
NORMATIVA APLICADA

Dimensión	Método	Normativa
Evaluación sísmica	Análisis estático	Norma E030 (2018)
	Análisis dinámico	
Incorporación de los DFV	Análisis tiempo historia lineal	Norma ASCE 7-10
	Análisis tiempo historia no lineal	
	Espectro reducido	
Reforzamiento de elementos estructurales	Espectro reducido	Norma ASCE 7-10

III. DISEÑO SISMORRESISTENTE

En general según [19] en una estructura cualesquiera sujeta a un movimiento sísmico, la conservación de energía está dada por:

$$E_L = E_R + E_S + E_A + E_D$$

(1)

E_L : Energía absoluta de entrada en el movimiento telúrico.

Si se estableciera que la E_L es constante, el desempeño sísmico en una estructura podría ser controlada por medio de 2 criterios, el primero incrementando la rigidez y a su vez la ductilidad del sistema, manifestando mayor deformación inelástica (ED); el segundo aumentando el amortiguamiento interno (EA) con el equipamiento de dispositivos suplementarios en la estructura, estos tienen por fin reducir los esfuerzos internos en los elementos estructurales a través de la inelasticidad (ED).

A. Análisis Estático

De acuerdo a [20] en una edificación de hasta 30m de altura la fuerza de corte estática puede ser estimada para cada dirección mediante:

$$V_e = \frac{ZUCS}{R} * P$$

(2)

Z, U, C, S: Parámetros Sísmicos

P: Peso del edificio en estudio

R: Coeficiente que reduce la fuerza de sismo

B. Análisis Dinámico modal espectral

Este método suele reflejar un comportamiento más real de la estructura analizada, está en base al llamado espectro de respuesta siendo fiable y práctico a la vez, y está definido:

$$S_a = \frac{Z.U.C.S}{R} * g$$

(3)

Sa: Aceleración espectral

g: Aceleración gravitatoria

C. Análisis Tiempo – Historia

En este tipo de análisis se buscan historiales de aceleración espectral de acuerdo a la zona estudiada, en donde se busca que estos sean cercanos o escalados al sismo máximo esperado [20], en una estructura que presenta sistemas de amortiguación deberán ser analizadas por este método, pudiendo utilizar métodos lineales, no lineales, o una unión de ambos [22]

D. Modificación de respuesta amortiguada

Según [23] la respuesta de una estructura durante un evento telúrico se puede reducir gracias a la incorporación de estos disipadores del tipo fluido viscoso en base a la tabla II, pudiendo diseñar, y/o reforzar los elementos verticales y horizontales de la estructura que la conforman.

TABLA II
COEFICIENTE DE AMORTIGUACIÓN [23]

Amortiguamiento efectivo, β	$B_{v+1}, B_{1D}, B_R, B_{1M}, B_{mD}, B_{mM}$
≤ 2	0.8
5	1.0
10	1.2
20	1.5
30	1.8
40	2.1
50	2.4
60	2.7
70	3.0
80	3.3
90	3.6
≥ 100	4.0

Donde $V_{mín}$ es el mayor de:

$$V_{mín} = \frac{V}{B_{v+1}}$$

(4)

$$V_{mín} = 0.75V$$

(5)

V: Fuerza cortante calculada

$V_{mín}$: Fuerza cortante basal mínima

B_{v+1} : Coeficiente de amortiguación

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las presentes figuras a continuación se muestran los modelos de la estructuras, los cuales fueron realizados en el software ETABS, en estos se muestra el emplazamiento y disposición de los disipadores del tipo fluido viscoso para ambas direcciones, de tal manera que el edificio de la fig. 1 corresponde a un edificio de muros estructurales, siendo su disposición en elevación para el eje “x” e “y” diagonales y chevrón diagonal respectivamente; por otro lado en la fig. 2 se observa el emplazamiento de estos dispositivos en el edificio apuntado de concreto armado, siendo su disposición para el eje “x” e “y” diagonales y chevrón horizontal respectivamente; cabe aclarar que la clasificación de los sistemas estructurales se hizo de acuerdo a la normativa peruana E030 de diseño sismorresistente.

En la tabla III se verifica el amortiguamiento adicional agregado a la estructura, y esto a través de una carga no lineal instantánea conocida como carga pulso y el objetivo es verificar dicho amortiguamiento mediante las fórmulas de decremento logarítmico, este amortiguamiento depende de

varios factores como la ubicación, el número de ejemplares utilizados, el sistema estructural utilizado y en gran medida los coeficientes de amortiguamiento en conjunto con los factores que dependen de las velocidades de la estructura, consiguiendo finalmente un amortiguamiento viscoso cercano al 20% coincidiendo con [10]; [11] quienes logran conseguir un amortiguamiento viscoso cercano al 20% para cumplir con la deriva permisible, por otra parte también se coincide con [13] quienes afirman que con amortiguamientos que van desde el 10%, 15%, 20% se reduce el riesgo de colapso de la edificación puesto que mejora el comportamiento sísmico de la edificación.

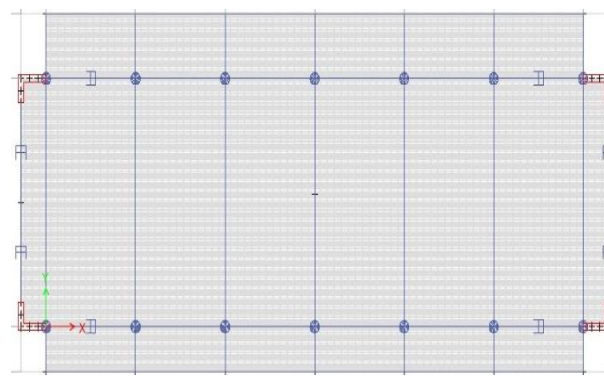


Fig. 1. Modelo estructural – Edificio de muros estructurales (1-5 niveles)

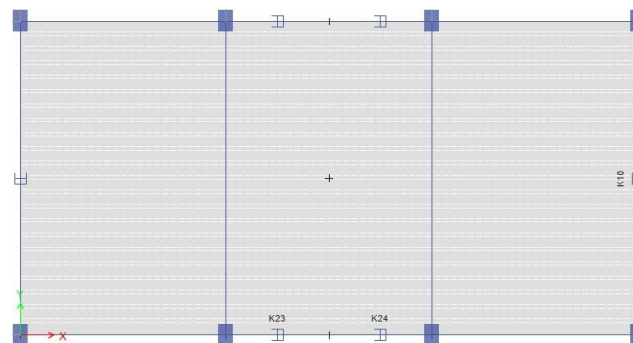


Fig. 2. Modelo estructural – Edificio apuntado (1-5 niveles)

TABLA III
AMORTIGUAMIENTO VISCOZO ADICIONADO

Tipo de Amortiguamiento	Estructura de muros estructurales		Estructura apuntada	
	Eje “X-X”	Eje “Y-Y”	Eje “X-X”	Eje “Y-Y”
Amortiguamiento Inherente	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
Amortiguamiento efectivo	23.00%	24.00%	27.00%	26.00%
Amortiguamiento Viscoso	18.00%	19.00%	22.00%	21.00%

En una edificación tradicional son los miembros estructurales que se oponen al movimiento telúrico, siendo estos los responsables de disipar la energía sísmica, por otro lado, como ya se mencionó en sistemas que cuentan con dispositivos de amortiguamiento suplementario son estos los encargados en disipar dicha energía gracias al incremento del amortiguamiento interno de la estructura en general, en las

figuras 3 y 4 se muestra como estos absorben más del 85% de tal energía, estableciendo una parte muy reducida en los otros elementos, lo cual coincide con [14] los cuales manifestaron que al incrementar el amortiguamiento en una estructura la probabilidad de colapso disminuye, siendo muy visible la disipación de energía, por otro lado [8] afirma que estos son empleados con el objetivo de disminuir la demanda estructural en los elementos de concreto armado gracias a la disipación de energía durante el sismo, por lo tanto estos mejoran la respuesta en una edificación y su comportamiento al inminente peligro sísmico [7].

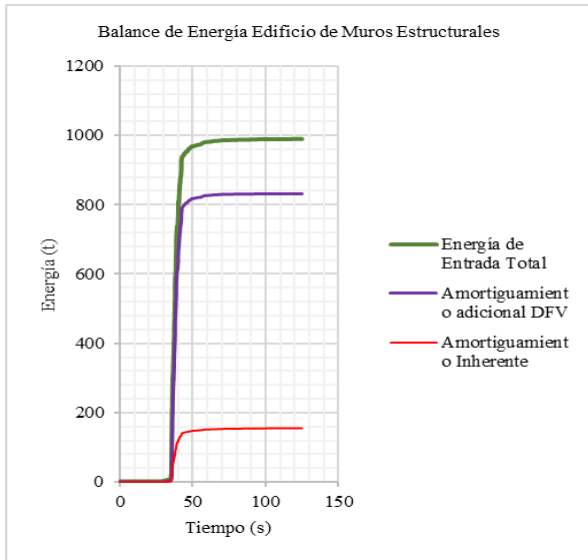


Fig. 3. Balance de energía – Edificio de muros estructurales.

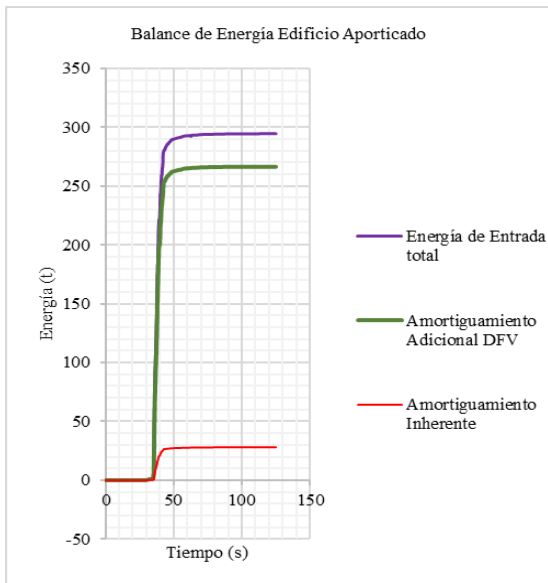


Fig. 4. Balance de energía – Edificio aporticado.

En figuras 5, 6, 7 y 8 se muestran los resultados comparativos para el edificio con y sin disipadores, mediante un análisis no lineal, y lineal tiempo historia para el edificio con y sin disipadores respectivamente, cabe recalcar que en el edificio que contiene los disipadores de fluido viscoso son

estos los que incursionan en el rango no lineal y por tanto solo estos tienen dichas características, es decir a dichos dispositivos se le agregó un comportamiento no lineal, de tal manera que se pueda hacer la comparativa, en estas se muestra la reducción significativa de los desplazamientos laterales (52.85%-81.49%), esfuerzos internos (58.25%-82.37%), velocidades y aceleraciones (22.71%-81.75%) coincidiendo con los autores [10]; [12] los cuales manifiestan que los desplazamientos se ven reducidos en más del 50%, por otro lado coincide con los resultados obtenidos por [11] los cuales indican que las aceleraciones y velocidades pueden reducirse hasta un orden del 70%, además en esta investigación se muestra que la simplicidad en cuanto a su ubicación y disposición para lograr dichos resultados es sencilla en la edificación coincidiendo con [9] quienes manifiestan la facilidad de estos dispositivos para adaptarse a una estructura.

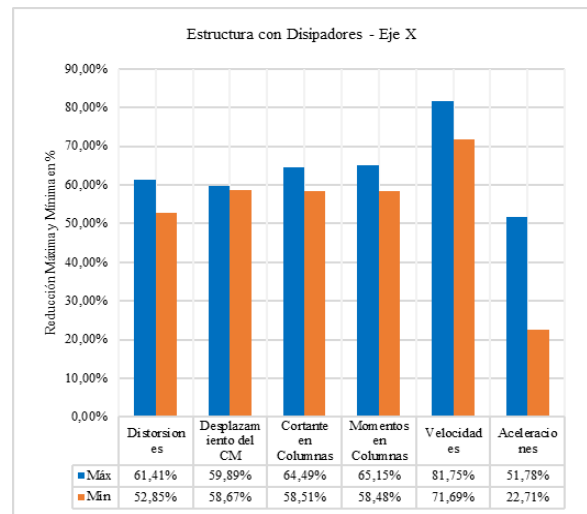


Fig. 5. Influencia de los DFV – Estructura de muros estructurales – Eje X.

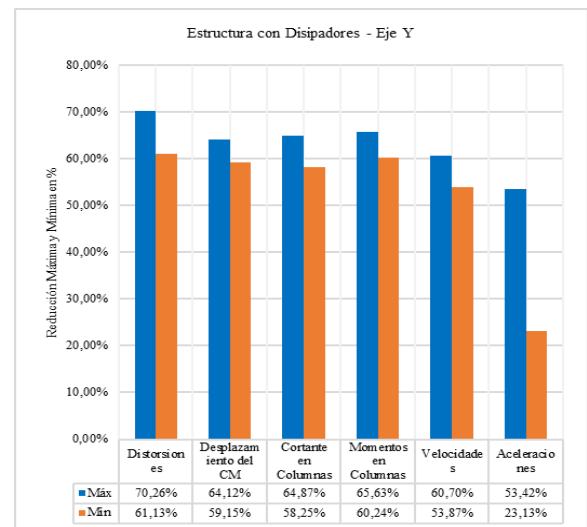


Fig. 6. Influencia de los DFV – Estructura de muros estructurales – Eje Y.

En la tabla IV según la normativa ASCE 7-10 en el capítulo 18 se puede modificar la fuerza cortante de diseño en la base, reduciéndola en función al amortiguamiento ganado por la implementación de los disipadores de fluido viscoso,

por otra parte, también se menciona que esta fuerza se ve reducida hasta un 25% como máximo ($V_{mín}=0.75V$), con estos considerandos se crearon espectros de diseño en base a la normativa peruana E030 de diseño sismorresistente.

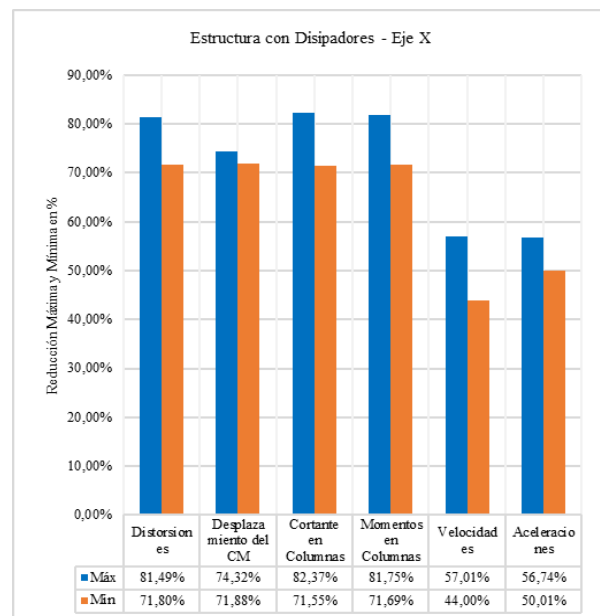


Fig. 7. Influencia de los DFV– Estructura aportificada – Eje X.

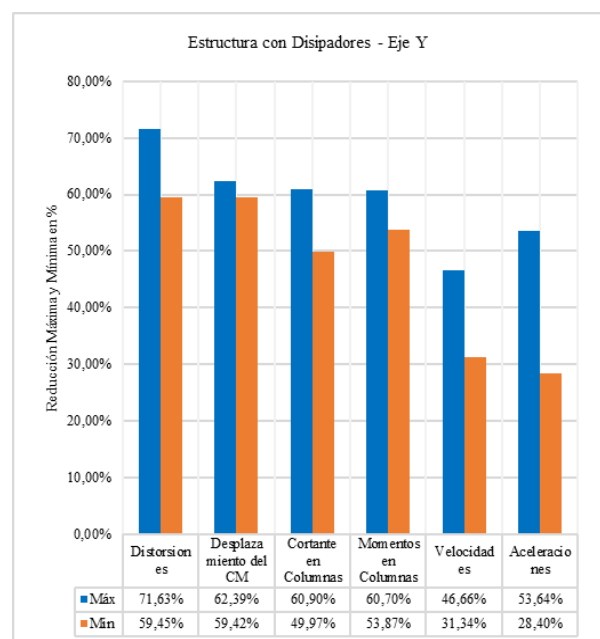


Fig. 8. Influencia de los DFV– Estructura aportificada – Eje Y.

Por último en las tablas V y VI se observa la reducción de acero en vigas y columnas mediante porcentajes, tomando los resultados de acero calculados en las regiones de rótulas plásticas donde la demanda estructural es mayor, en ese sentido las vigas de luces mayores tienen una reducción menor, mientras que en aquellas de luces cortas es mayor, siendo esto propio de la carga lateral (sismo) que se muestra más en longitudes cortas, por otra parte en las columnas de acuerdo al sistema estructural si es más rígido los valores de

reducción de área de acero son menores, mientras que si el sistema es más flexible muestra una reducción de acero muy alta, siendo estos resultados coincidentes con [15] quienes demostraron que el equipamiento de estos dispositivos, los momentos y cortantes se reducen hasta un 80% por lo tanto también las áreas de acero, por último [16] concluyó que la evaluación indirecta estimada de daños a nivel sísmico, en un edificio tradicional, sería superior que la suma de daños de edificio con disipadores de fluido viscoso y el sobrecosto de construcción.

TABLA IV
MODIFICACIÓN DE LA RESPUESTA AMORTIGUADA

Sistema estructural	Amort. viscoso β_{eff}	Coefficiente de amortiguación B_{v+1}	Reducción de Fza basal $V_d=V/(B_{v+1})$	Reducción de Fza basal máxima $V_{mín}=0.75V$	Coefficiente que reduce de fuerza sísmica R_0 inicial	R_0 reducido
Muros estructurales	18.00%	1.44	$V_d=0.69V$	$V_{mín}=0.75V$	6.00	8.00
	19.00%	1.47	$V_d=0.68V$	$V_{mín}=0.75V$	6.00	8.00
	22.00%	1.50	$V_d=0.67V$	$V_{mín}=0.75V$	8.00	10.67
Aporticado	21.00%	1.53	$V_d=0.65V$	$V_{mín}=0.75V$	8.00	10.67

TABLA V
REDUCCIÓN DE ÁREAS DE ACERO LONGITUDINALES EN VIGAS

Sistema estructural	Luz libre (m)	Vigas P. b (cm)	h (cm)	Reducción de áreas de acero R_0 inicial	R_0 final
Muros estructurales	8.1	30	75	8.61%-17.04%	
	5.37	25	50	24.98%-29.42%	
Aporticado	9.8	30	80	10.85%-16.62%	
	4.7	25	50	22.36%-31.02%	

TABLA VI
REDUCCIÓN DE ÁREAS DE ACERO LONGITUDINALES EN COLUMNAS

Sistema estructural	Luz libre (m)	Columna	Reducción de áreas de acero R_0 inicial	R_0 final
Muros estructurales	3.2	$\Phi = 50\text{cm}$	9.16%-13.16%	
Aporticado	3.25	40cm 60cm	38.08%-44.00%	

V. CONCLUSIONES

La implementación de los dispositivos de fluido viscoso mejora la respuesta estructural y sísmica de una edificación, la ubicación, el número de ejemplares, la disposición, los coeficientes de amortiguamiento “c” y los factores de velocidad “ α ” tienen una gran relevancia, dependiendo de los objetivos deseados dichos valores deberán ser ajustados.

Al incorporar estos disipadores del tipo fluido viscoso en los módulos de muros estructurales y pórticos de concreto armado, se logra un comportamiento sísmico y estructural eficiente, por lo que, las distorsiones llegan a ser reducidas y cumplir con la permisible (0.007) según la norma peruana E030, reduciéndose desde (52.85% - 61.41%) y (61.13%-70.26%) en el sistema de muros estructurales, (71.80%-81.49%) y (59.45%-71.63%) en sistema aporticado de concreto armado, para los ejes (“X”) e (“Y”); para estas estructuras que

pueden ser denominados como sistemas de muros estructurales y aportados de concreto armado se logra un amortiguamiento cercano al 20% con el fin de controlar las distorsiones de entrepiso, además la energía sísmica ahora es disipada por estos dispositivos en más del 85%, independientemente del sistema estructural se puede obtener dichos resultados siempre y cuando se ajusten los valores y formas de la conclusión anterior.

Con el equipamiento de los disipadores de fluido viscoso en las estructuras, se mejora de una manera notable el comportamiento sísmico - estructural, gracias a su implementación como indica la normativa E030 se puede tomar como referencia la norma ASCE, la cual establece los criterios referentes a aplicación de disipadores de fluido viscoso, en esta normativa en relación al amortiguamiento adicionado que se obtuvo se puede hacer una variación en la respuesta de la estructura con el objetivo de realizar el diseño de los miembros estructurales, permitiendo reducir la fuerza de diseño hasta un 25% como máximo, de tal manera que las áreas de acero en las vigas y columnas se reducen (8.61%-31.02) para las vigas, y en las columnas esa variación va desde (9.16%- 44%), pudiendo ahorrar grandes cantidades de acero.

Por último, habiendo analizado todos los resultados logrados con el equipamiento de estos dispositivos en las estructuras, se establece que son adecuados para el reforzamiento de edificaciones existentes, y debido a su relativa fácil incorporación los haría más viables, sin embargo, no se puede generalizar puesto que cada estructura es única, y dependerá de diversos factores como los mencionados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores reconocen el apoyo incondicional en el desarrollo de este proyecto de investigación a la universidad Señor de Sipán, y de manera particular al Mg. Ing. Noé Marín Bardales por sus criterios ingenieriles.

REFERENCIAS

- [1] T. Ferreira, H. Rodriguez and R. Vicente, "Seismic vulnerability assessment of existing reinforced concrete buildings in urban centers," *Sustainability (Switzerland)*, 2020.
- [2] B. Adhikari, S. Dahal, M. Karki, R. Mishra, R. Dahal, S. Sasmal and V. Klausner, "Application of wavelet for seismic wave analysis in Kathmandu Valley after the 2015 Gorkha earthquake, Nepal," *Geoenvironmental Disasters*, 2020.
- [3] Instituto Geofísico del Perú, «Memoria Institucional 2016.» Geofísica y Sociedad, Lima, 2017.
- [4] M. Matsuoka, S. Mito, S. Midorikawa, H. Miura, L. Quiroz, Y. Maruyama and M. Estrada, "Development of building inventory data and earthquake damage estimation in Lima, Peru for future earthquakes," *Journal of Disaster Research*, pp. 1032-1041, 2014.
- [5] R. Das, G. Gonzalez, J. de la Llera, E. Saez, P. Salazar, J. Gonzalez and C. Meneses, "A probabilistic seismic hazard assessment of southern Peru and Northern Chile," *Engineering Geology*, 2020.
- [6] S. Matsuzaki, N. Pulido, Y. Maruyama, M. Estrada, C. Zavala and F. Yamazaki, "Evaluation of seismic vulnerability of buildings based on damage survey data from the 2007 Pisco, Peru earthquake," *Journal of Disaster Research*, pp. 1050-1058, 2014.
- [7] C. Su, B. Li, T. Chen and X. Dai, "Stochastic optimal design of nonlinear viscous dampers for large-scale structures subjected to non-stationary seismic excitations based on dimension-reduced explicit method," *Engineering Structures*, pp. 217-230, 2018.
- [8] T. Trombetti, M. Palermo, A. Dib, G. Gasparini, S. Silvestri and L. Landi, "Application of a direct procedure for the seismic retrofit of a R/C

- school building equipped with viscous dampers," *Frontiers in Built Environment*, 2015.
- [9] L. Bozzo, I. Nuzzo, D. Losanno, N. Caterino and G. Serino, "Experimental and analytical characterization of steel shear links for seismic energy dissipation," *Engineering Structures*, pp. 405-418, 2018.
 - [10] D. De Domenico, G. Ricciardi and I. Takewaki, "Design strategies of viscous dampers for seismic protection of building structures: A review," *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, pp. 144-165, 2019.
 - [11] S. Kumar y S. Chakraborty, «Reduction of seismic vibration in multistorey structures retrofitted with nonlinear viscous dampers using mode summation method,» *Applied Mathematical Modelling*, pp. 294-310, 2020.
 - [12] J. Xu, S. Xu and Z. Yuan, "Probabilistic seismic analysis of single-layer reticulated shell structures controlled by viscoelastic dampers with an effective placement," *Engineering Structures*, 2020.
 - [13] K. Kariniotakis y T. Karavasilis, «Limits for the interstorey drift sensitivity coefficient θ of steel MRFs with viscous dampers designed according to Eurocode 8,» *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, pp. Pages 203-215, 2019.
 - [14] B. Chalarca, A. Filiatrault and D. Perrone, "Seismic Demand on Acceleration-Sensitive Nonstructural," *Journal of Structural Engineering (United States)*, 2020.
 - [15] M. A. Enriquez y C. F. Sánchez, «Evaluación Sísmica y Propuesta de Reforzamiento con Disipadores de Energía al Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo de Chiclayo - Región Lambayeque, actualizado a la norma E 030 2016,» Facultad de Ingeniería Arquitectura y Urbanismo - Escuela de ingeniería Civil - Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, 2016.
 - [16] E. A. Chilón, «Diseño y Análisis sísmico comparativo entre un sistema con Aisladores de Núcleo de Plomo y un sistema con Disipadores de Fluido Viscoso en una edificación de 4 niveles, Chiclayo, 2017,» Facultad de Ingeniería - Escuela de Ingeniería Civil Ambiental - Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2017.
 - [17] V. Fernandez y A. Mendo, «Damping modification factors for the design of seismic isolation systems in Peru,» *Earthquake Spectra*, 2020.
 - [18] L. Romero, C. Casabonne and E. Olivares, "Performance based engineering for the "Banco de la Nación" tallest tower in Lima, Peru," *11th National Conference on Earthquake Engineering 2018, NCEE 2018: Integrating Science, Engineering, and Policy*, pp. 5919-5928, 2018.
 - [19] G. Villarreal y M. Díaz, «Edificaciones con Disipadores Viscosos,» Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L, Lima, 2016.
 - [20] Norma E 030 Diseño Sismorresistente, Lima, Lima: Sencico, 2018.
 - [21] A. Moslehi y D. De Domenico, «Nonlinear response spectrum analysis of structures equipped with nonlinear power law viscous dampers,» *Engineering Structures*, 2020.
 - [22] American Society of Civil Engineers (ASCE), *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*, Reston, Virginia: Published by American Society of Civil Engineers, 2016.
 - [23] American Society of Civil Engineers (ASCE), *Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures*, Reston, Virginia: Published by American Society of Civil Engineers, 2010.

Sócrates Pedro Muñoz Pérez. Ingeniero Civil egresado de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Lambayeque en el año 2006, con 11 años de experiencia en ejecución de obras civiles y producción de prefabricados y pretensados y 8 años de colegiado, con grado de Magister en Ciencias de la Tierra con Mención en Geotecnia egresado de la Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, con un Diplomado en Especialización Geología Aplicada en Minería por en la Cámara Minera del Perú. Profesor de la Universidad Señor de Sipán. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>.

Arlinton Edwin Cuyán Barboza. Bachiller en Ingeniería Civil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8313-2329>.