

## Disipadores de fluido viscoso en el comportamiento estructural de un hotel de ocho niveles

Viscous fluid dissipators in the structural behavior of an eight-level hotel

Dany Vargas Valdivia <sup>1\*</sup>  Donald Gorki Collantes Delgado<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de Chota (UNACH), Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Ciudad Universitaria Colpamatara, 06120, Chota, Cajamarca, Perú.

\*Autor de correspondencia [e-mail: [dvargas.8597@gmail.com](mailto:dvargas.8597@gmail.com)]

### RESUMEN

Seismic events cause damage and collapse of buildings, resulting in human, material, and economic losses. To improve seismic performance and reduce damage to buildings, viscous fluid dampers are used. The objective of this study was to determine the influence of viscous fluid dampers on the structural behavior of an eight-story hotel in the city of Cajamarca. For this purpose, a geotechnical study was conducted. The static and dynamic seismic analysis of the structure indicates that the maximum displacements and drifts comply with the E.030 code; however, when performing the time-history analysis, the maximum drifts exceeded the permitted limits (0.007). The incorporation of viscous fluid dampers met the target drift (0.0042) of HAZUS for a functional performance level, reducing the drifts in X and Y directions by up to 55% and 65%, respectively. Additionally, the dampers dissipated 70.56% of the seismic energy, with the structure dissipating 29.44%. It is concluded that the integrated dissipation system significantly influences structural behavior, reducing displacements, drifts, and dissipated energy.

*Palabras claves:* Comportamiento estructural, análisis sísmico estático, dinámico, tiempo-historia, disipadores.

### ABSTRACT

Earthquakes have caused damage and collapse of buildings, resulting in human, material and economic losses. In this sense, in order to improve the seismic performance and reduce the damage of buildings, viscous fluid dissipators are used. Therefore, the objective of this study was to determine the influence of viscous fluid dissipators on the structural behavior of an eight-story hotel in the city of Cajamarca. The sample was an eight-story hotel. The soil mechanics study was carried out, which classified the soil as S2 "intermediate soils". The static and dynamic seismic analysis of the structure indicated that the maximum

displacements and drifts complied with the E.030 standard; however, when performing the time-history analysis the maximum drifts exceeded those allowed (0.007). The incorporation of viscous fluid dissipaters allowed to comply with the target drift (0.0042) of the HAZUS for a functional performance level, being reduced in X and Y up to a maximum of 55% and 65%, this is due to the inherent parameters, quantity and arrangement of the dissipaters; in addition, it manages to dissipate seismic energy in 70.56% and the structure in 29.44%. It is concluded that the integrated dissipation system significantly influences the structural behavior, reducing displacements, drifts and dissipated energy.

*Keywords:* Structural behavior, static seismic analysis, dynamic seismic analysis, time-history, dissipaters.

## INTRODUCCIÓN

En países con gran actividad sísmica como el Perú, el diseño estructural de las edificaciones está determinado por las fuerzas sísmicas, y las normativas de diseño vigentes aseguran que las edificaciones no colapsen durante un sismo severo; sin embargo, no garantizan la ausencia de daños estructurales y no estructurales (Saldaña y Scaletti, 2022).

Diversos estudios afirman que, de haber un sismo de gran magnitud, Perú sería uno de los países más afectados (Das et al., 2020), tal como ocurrió con el sismo de agosto de 2007 (7 ML) con intensidad en Pisco (VII-VIII MM), Lima (VI MM) y Huancavelica (V MM); el cual dejó 593 personas fallecidas, 1291 heridos, 48 208 viviendas destruidas, 45 500 inhabitables y 45 813 quedaron afectadas; 14 establecimientos de salud destruidos y 112 afectados (Morales & Zavala, 2008).

Cajamarca no es ajena a este problema dado que se sitúa en la zona 3 (Norma E.30, 2018) de alta actividad sísmica; sin embargo, no se han evidenciado sismos de gran intensidad (IGP, 2022); pero,

según las características de sus suelos los efectos del sismo se amplificarían, por tal motivo se considera zona de silencio sísmico (Mosqueira, 2012). Además, existe un crecimiento de edificaciones en altura superando los 10 niveles, lo cual es un indicador de susceptibilidad a daños e incluso colapso durante un evento sísmico severo.

En los sismos que ocasionaron muerte y destrucción, se evidenció que el costo de la pérdida de funcionalidad es más alto que el costo de construir una estructura con el nivel de desempeño adecuado (Torres, M. A., 2002); no obstante, con las técnicas tradicionales dar protección completa no es técnica ni económicamente viable para la mayoría de las estructuras (Norma E.030, 2018).

En tanto, para reducir los daños y mejorar el desempeño sísmico de las edificaciones, existen técnicas como el uso de dispositivos de disipación de energía (Villarreal y Díaz, 2016), como los disipadores de fluido viscoso, que son elementos que se unen a los pórticos

estructurales, y que durante un sismo disipan energía sísmica a través del paso de fluido viscoso en su interior, ocasionando una resistencia al movimiento libre del edificio; se utilizan en edificaciones nuevas y en reforzamientos de estructuras ya construidas (CDV Ingeniería antisísmica, 2018).

En base a lo descrito, el objetivo en este estudio fue determinar la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento estructural de un hotel de ocho niveles en la ciudad de Cajamarca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Lugar de estudio

La investigación se realizó en el Jr. Belaunde Terry Cuadra n°01, de la ciudad de Cajamarca (Figura 1), está localizado en las coordenadas UTM 17S 775450.01 E y 9205778.53 S y a una altitud de 2 738 m.s.n.m. El clima del lugar es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada, con temperaturas mínimas y máximas de 4.9 °C y 22.2 °C, respectivamente, la humedad relativa y precipitación pluvial es de 85% y de 119 mm (SENAMHI, 2024). El suelo encontrado fue un Tipo S2 (Norma E.030, 2018).

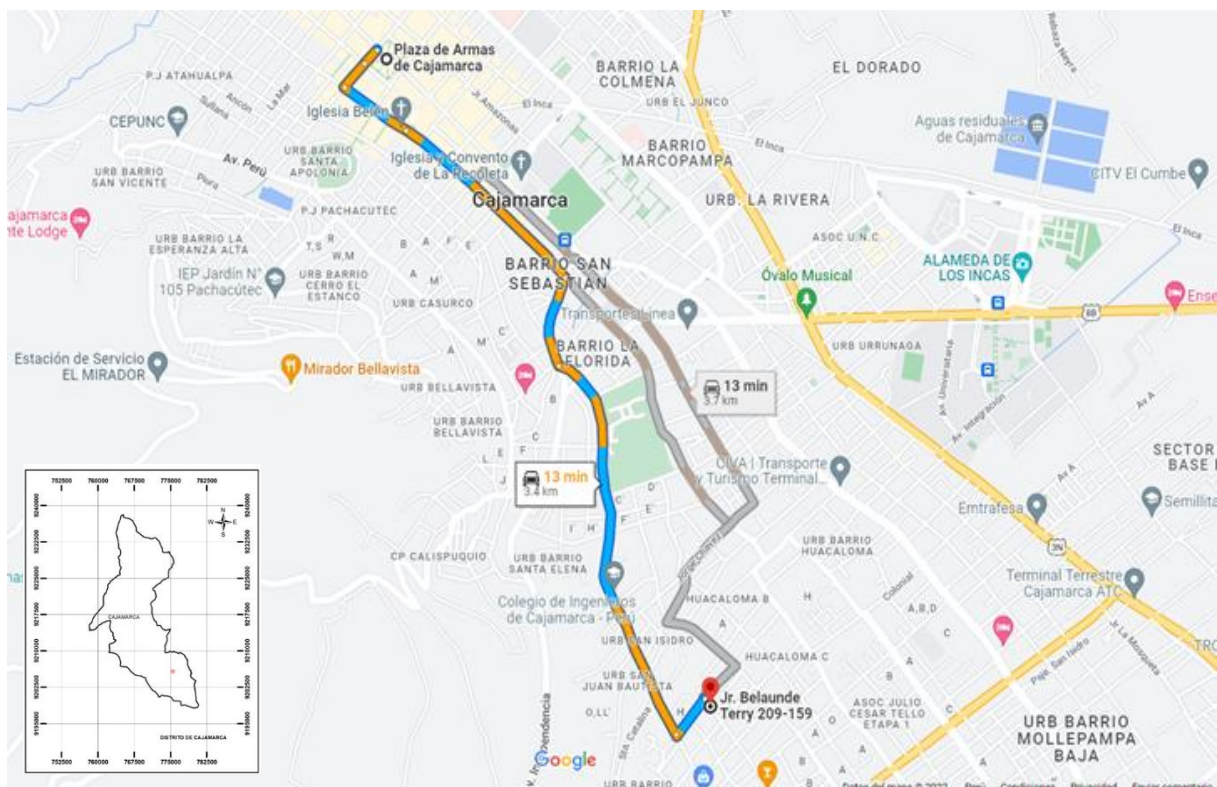


Figura 1. Ubicación y vías de acceso donde se realizó la investigación en la ciudad de Cajamarca.

### Diseño experimental

Para el estudio se usó un diseño experimental-cuantitativo debido a que se

manipuló la variable independiente (disipadores de fluido viscoso) para analizar los efectos sobre la variable

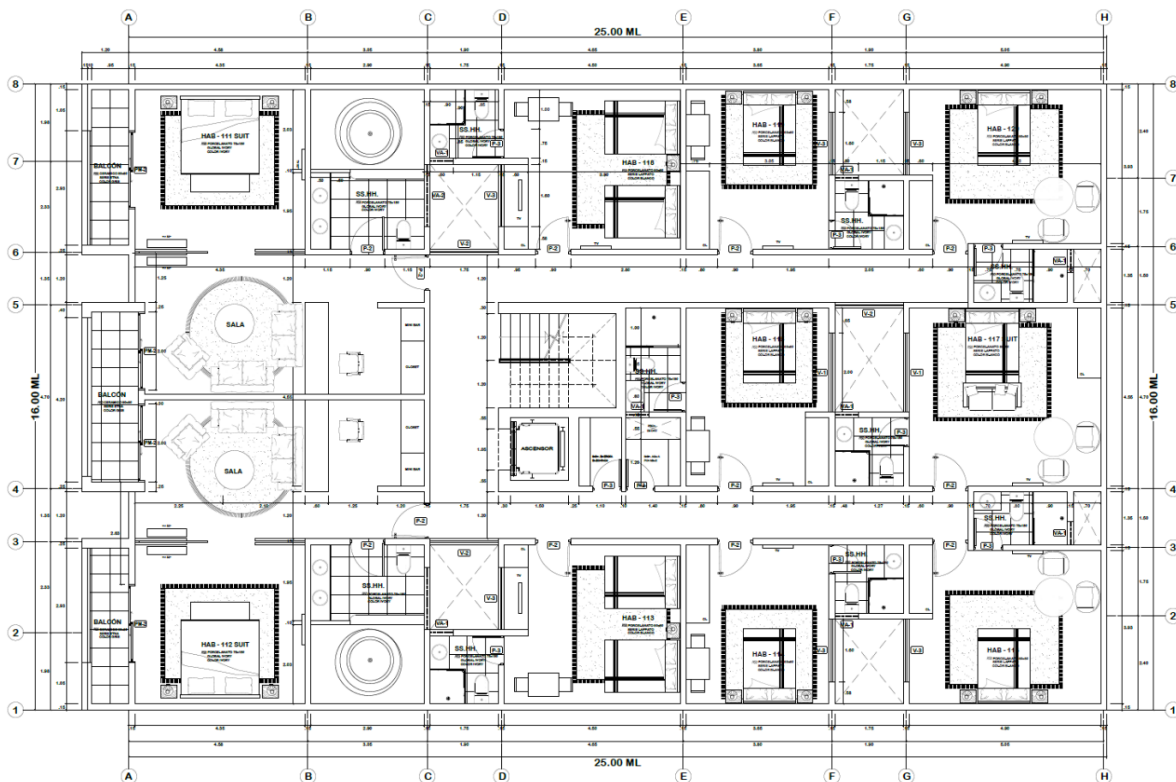
dependiente (comportamiento estructural) (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

La muestra fue elegida mediante un muestreo no probabilístico, por conveniencia y estuvo representada por un hotel de ocho niveles en la ciudad de Cajamarca.

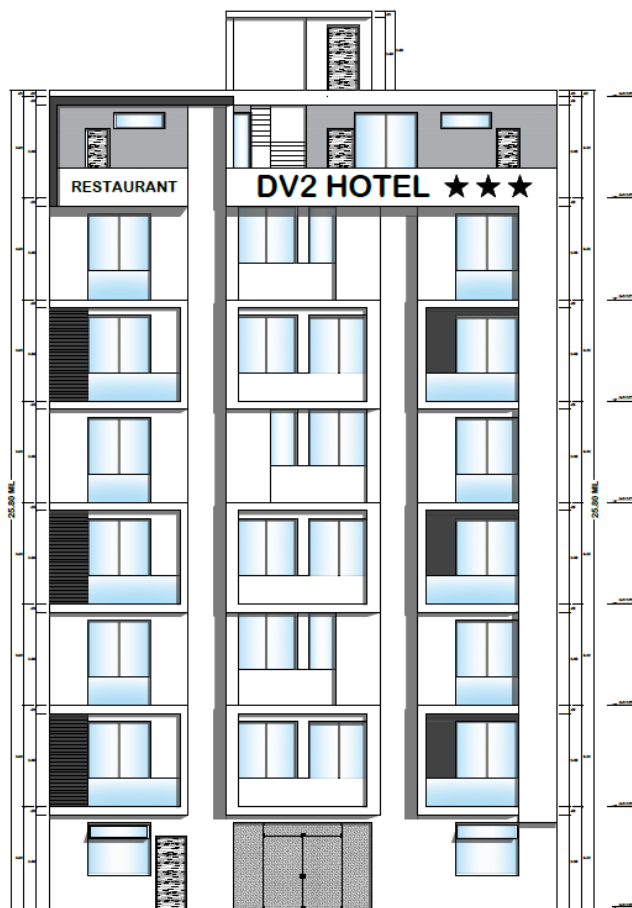
### Colecta de datos

Preliminarmente se realizó el estudio de mecánica de suelos (EMS), seguido de la revisión y entendimiento del diseño arquitectónico (Figuras 2A y 2B), luego se

aplicaron los procedimientos y requerimientos de las normas vigentes (E.020, E.030 y E.060), para determinar el comportamiento estructural de la edificación mediante un modelo estructural en el software ETABS V20. Posteriormente, se incorporaron los disipadores de fluido de viscoso (DFV), utilizando como guía las normativas ASCE, FEMA y SEAOC, para evaluar la influencia de los disipadores de fluido viscoso en el comportamiento estructural del hotel de ocho niveles.



A. Planta típica de la edificación



B. Elevación principal de la edificación

Figura 2. Planta típica (2A) y elevación principal del hotel (2B) de ocho niveles en Cajamarca.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la estructura del hotel de ocho niveles (Figura 3), los desplazamientos y derivas en X e Y son menores a 0.007; por tanto, cumple con la resistencia sísmica estática y dinámica normada (Tabla 1) Narváez (2022), Condo y Luque (2021) y Paredes (2016). Entre tanto, al realizar el análisis tiempo-historia, las derivas máximas en X e Y superaron las permitidas, por lo que la estructura presentará daño estructural (Tabla 2).

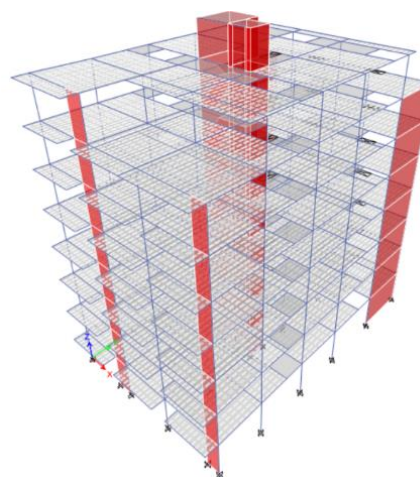


Figura 3. Modelo estructural del hotel de ocho niveles sin disipadores de fluido viscoso.

**Tabla 1.** Desplazamientos y derivas en X e Y de la resistencia sísmica estática y dinámica del edificio de ocho niveles en Cajamarca.

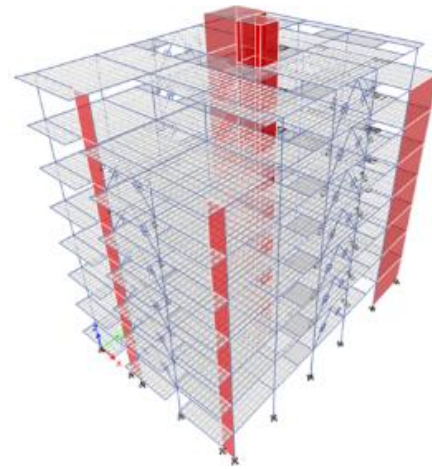
Nivel	Desplazamientos (mm)			Derivas		
	X	Y	X	< 0.007	Y	< 0.007
8	27.54	22.90	0.0053	Si	0.0049	Si
7	24.02	19.45	0.0057	Si	0.0051	Si
6	20.04	15.87	0.0059	Si	0.0051	Si
5	15.88	12.26	0.0059	Si	0.0049	Si
4	11.71	8.76	0.0056	Si	0.0045	Si
3	7.72	5.54	0.0050	Si	0.0038	Si
2	4.19	2.82	0.0039	Si	0.0027	Si
1	1.44	0.87	0.0020	Si	0.0012	Si
Máx.	27.54	22.90	0.0059	Cumple	0.0051	Cumple

**Tabla 2.** Desplazamientos y derivas en X e Y, análisis tiempo-historia del edificio de ocho niveles en Cajamarca.

Nivel	Desplazamiento (mm)			Derivas		
	X	Y	X	< 0.007	Y	< 0.007
8	173.91	140.65	0.0073	No	0.0067	Si
7	152.05	119.14	0.0078	No	0.0070	No
6	127.25	97.00	0.0082	No	0.0070	No
5	101.25	74.72	0.0083	No	0.0068	Si
4	74.91	53.12	0.0079	No	0.0062	Si
3	49.53	33.36	0.0071	No	0.0052	Si
2	26.97	16.86	0.0055	Si	0.0037	Si
1	9.29	5.11	0.0029	Si	0.0016	Si
Máx.	173.91	140.65	0.0083	No cumple	0.0070	No cumple

Con la incorporación de disipadores de fluido viscoso (DFV) se buscó que, después de un sismo raro (SEAO, 1995), como el de Ica 2007-caso II, tuviese un nivel de desempeño funcional, eligiendo de la HAZUS como deriva objetivo a 0.0042 (Figura 4). Resultando un amortiguamiento viscoso (BH) en X e Y de 32% y 21%, respectivamente, estos valores se encuentran dentro del rango recomendado por los fabricantes de DFV (20% a 40%). En cuanto a los desplazamientos, se redujo en la dirección X e Y hasta un 57% y 65% respectivamente; asimismo, en las derivas se logró reducir en la dirección X e Y hasta

un 55% y 65%, respectivamente (Tabla 3). Este resultado se debe a los parámetros inherentes, cantidad y disposición de DFV.



**Figura 4.** Modelo estructural del hotel de ocho niveles con disipadores de fluido viscoso.

**Tabla 3.** Desplazamientos y derivas en X e Y, análisis con disipadores de fluido viscoso del edificio de ocho niveles en Cajamarca.

Nivel	Desplazamiento (mm)			Derivas		
	X	Y	X	< 0.0042	Y	< 0.0042
8	82.14	83.59	0.0038	Si	0.0038	Si
7	71.25	71.41	0.0040	Si	0.0041	Si
6	59.28	58.42	0.0041	Si	0.0041	Si
5	47.95	45.35	0.0040	Si	0.0040	Si
4	36.20	32.52	0.0037	Si	0.0037	Si
3	24.65	20.68	0.0033	Si	0.0032	Si
2	13.97	10.62	0.0028	Si	0.0023	Si
1	5.13	3.31	0.0016	Si	0.0010	Si
Máx.	82.14	83.59	0.0041	Cumple	0.0041	Cumple

En la estructura sin DFV los elementos de concreto armado absorben el 100% de la energía sísmica; sin embargo, en la Tabla 4 se observa que, al incluir DFV estos disipan el 70.56%, dejando a la estructura únicamente el 29.44%, demostrando la

funcionalidad del sistema de disipación integrado. Resultados similares fueron determinados por Rosero (2020), Narváez (2022) y Calderón (2014) quienes afirman que los DFV mejoran el comportamiento estructural de las edificaciones.

**Tabla 4.** Energía disipada por los disipadores de fluido viscoso del edificio de ocho niveles en Cajamarca.

Descripción	Energía (Ton-m)	Porcentaje (%)
Entrada	3320.09	100
Disipador	2342.61	70.56
Estructura	977.33	29.44

## CONCLUSIONES

La incorporación de disipadores de fluido viscoso redujo los desplazamientos y derivas en el hotel de ocho niveles en Cajamarca.

Se recomienda investigar la incorporación de otros tipos de disipadores como históricos, viscosos y viscoelásticos y el uso de otra disposición como diagonal, chevron diagonal y chevron horizontal.

## Financiamiento

Los autores no recibieron financiamiento o patrocinio para ejecutar el trabajo de investigación

## Conflicto de intereses

No existe ningún tipo de interés con los contenidos del artículo científico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Calderón, Y. S. (2014). *Evaluación del diseño con disipadores de energía del edificio principal de la Universidad Nacional de Cajamarca – Sede Jaén*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/549>

CDV Ingeniería antisísmica. (2018). Obtenido de CDV Ingeniería antisísmica:

<https://www.cdvperu.com/proteccion-sismica/>

Condo, D. E., & Luque, D. L. (2021). *Diseño estructural de un edificio con disipadores de energía de fluido viscoso frente a un edificio convencional*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12452>

Das, R., Gonzalez, G., de la Llera, J. C., Saez, E., Salazar, P., Gonzalez, J., & Meneses, C. (2020). A probabilistic seismic hazard assessment of southern Peru and Northern Chile. *Engineering Geology*, 271, 105585. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2020.105585>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.

Instituto Geofísico del Perú (2022). *Sismos reportados*. IGP. <https://ultimosismo.igp.gob.pe/ultimo-sismo/sismos-reportados>

- Morales, N., & Zavala, C. (2008). Terremotos en el litoral central del Perú: ¿podría ser Lima el escenario de un futuro desastre?. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 25(2), 217-224. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342008000200011&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-46342008000200011&script=sci_abstract)
- Mosqueira, M. A. (2012). Riesgo sísmico en las edificaciones de la Facultad de ingeniería – Universidad Nacional de Cajamarca. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8202>
- Narváez, M. E. (2022). Análisis comparativo técnico-económico de una edificación de 12 pisos, empleando amortiguadores de fluido viscoso y disipadores histeréticos. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/23160>
- Norma E.030 (2018). *Diseño Sismorresistente*. Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Paredes, M. A. (2016). *Evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio destinado a vivienda en la ciudad de Lima aplicando el análisis estático no lineal Pushover*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <http://hdl.handle.net/10757/620673>
- Rosero, J. C. (2020). *Incidencia de la inclusión de dispositivos de energía en las respuestas estructurales de edificios de hormigón armado de 10 y 15 pisos en la ciudad de Quito*. [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22190>
- Saldaña, K. & Scaletti, H. (2022) Eficiencia de los disipadores de energía en la respuesta sísmica de las edificaciones. *Tecnia*, 32(2), 127-137. <https://doi.org/10.21754/tecnica.v32i2.1379>
- SEAOC. (1999). [Requisitos y comentarios de fuerza lateral] (7.ª ed.). Structural Engineers Association of California.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, 2024). Pronostico del tiempo para Cajamarca (Cajamarca). SENAMI. <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=cajamarca&p=pronostico-detalle>
- Torres, M. A. (2002). Método basado en confiabilidad para el diseño por desempeño del refuerzo de edificios con disipadores de energía sísmica. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000312375>
- Villarreal, G., & Díaz, M. (2016). *Edificaciones con Disipadores Viscosos* (1.a ed.). Editora & Imprenta Gráfica Norte S.R.L.

### Contribución de autoría

Vargas y Collantes (2024). Disipadores de fluido viscoso...

1. Dany Vargas Valdivia: Concepción y elaboración del manuscrito.
2. Donald Gorki Collantes Delgado: Análisis de datos.

Recibido: 17-11-2024 Aceptado: 21-12-2024 Publicado: 31-12-2024