

Comparison of Seismic Analysis Using Different Percentages of Structural Damping

Cinthia Raquel Soto Raico, Ing.¹, Anita Elizabet Alva Sarmiento, Ing.²

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, N00034812@upn.pe

²Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, anita.alva@upn.edu.pe

Abstract - The study aimed to compare the seismic analysis of an educational institution using 2% and 5% structural damping. To do this, using the ETABS V.16.2.1 computer program as instruments. and the National Building Regulations of Peru, static-dynamic seismic modeling was carried out in both directions and with both damping percentages; to then compare the responses of the structure (displacements, drifts, periods of vibration and basal shear) and its internal forces (axial forces, shear forces and bending moment). The first results showed that all the modules of the school complied with the maximum drift indicated by the earthquake resistant standard, but the responses of the structure had an increase between 15% and 32%, and the internal forces increased between 6% and 24%. Concluding that when using 2% of the damping, the responses and internal forces of the structure increase significantly.

Keywords: Seismic analysis, structural damping, damping factor.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.64>

ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Comparación del Análisis Sísmico Empleando Diferentes Porcentajes del Amortiguamiento Estructural

Cinthia Raquel Soto Raico, Ing.¹, Anita Elizabet Alva Sarmiento, Ing.²

¹Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, N00034812@upn.pe

²Universidad Privada del Norte (UPN), Cajamarca, Perú, anita.alva@upn.edu.pe

Resumen – El estudio tuvo como objetivo comparar el análisis sísmico de una institución educativa utilizando 2% y 5% del amortiguamiento estructural. Para ello, empleando como instrumentos el programa computacional ETABS V.16.2.1. y el Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú se realizó el modelamiento sísmico estático-dinámico en ambas direcciones y con ambos porcentajes de amortiguamiento; para luego comparar las respuestas de la estructura (desplazamientos, derivas, periodos de vibración y cortante basal) y sus fuerzas internas (fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momento flector). Los primeros resultados evidenciaron que todos los módulos del colegio cumplieron con la deriva máxima indicada por la norma sismorresistente, pero las respuestas de la estructura tuvieron un aumento entre el 15% y 32%, y las fuerzas internas aumentaron entre 6% y 24%. Concluyendo que al emplear 2% del amortiguamiento, las respuestas y fuerzas internas de la estructura se acrecientan significativamente.

Palabras claves: Análisis sísmico, amortiguamiento estructural, factor de amortiguamiento.

I. INTRODUCCIÓN

Los sismos son los principales causantes del colapso de las estructuras, de las grandes pérdidas económicas y de las vidas humanas por el insuficiente conocimiento al momento de la concepción sismorresistente, como el de definir de forma correcta el factor del amortiguamiento ya que este valor varía dependiendo de los diferentes sistemas estructurales. A nivel mundial Chile es el país más sísmico del mundo [1], y el Perú no es la excepción pues se encuentra ubicado en el “Cinturón de Fuego del Pacífico” donde se producen el 80% de los eventos sísmicos en el mundo por su acercamiento a las placas tectónicas de Nazca y Sudamericana, además el 40% del área peruana es vulnerable ante dichos eventos y se encuentra dividida en cuatro zonas de acuerdo con la peligrosidad del sismo [2], [3]. El departamento de Cajamarca se ubica en las zonas 2 y 3 del mapa de sismicidad; sin embargo, por su formación geológica aún no ha ocurrido un sismo de gran intensidad, siendo más peligroso aún porque se encuentra en el llamado “silencio sísmico” [4].

El valor de amortiguamiento para todos los sistemas estructurales ya ha sido establecido en la norma sismorresistente E-030 con el valor del 5%, así también en otras normativas internacionales como FEMA 273, FEMA 303 y en el código europeo [5]. Pero este valor se basa en las experiencias del pasado y no muestra una razón claramente física, pues depende de las características del material predominante en la estructura siendo difícil evaluarlo por el

método teórico por lo que se debe obtener mediante la observación y medición [6]. Es así que la influencia del amortiguamiento en el análisis sísmico y su evaluación con la mayor exactitud posible ha sido un tema de investigación en los últimos años [7].

Un estudio realizado en Japón tuvo como objetivo identificar la relación de amortiguamiento del edificio del Centro de Investigación de Prevención de Desastres Urbanos de 8 pisos, esta investigación consistió en instalar acelerómetros y sensores para obtener los valores reales de amortiguamiento. Luego de 10 años del registro de datos se obtuvo como resultados 3 tipos de relación de amortiguamiento, tipo SRB (movimiento horizontal del sótano y la rotación), tipo RB (movimiento de rotación del sótano) y tipo B (movimiento horizontal del sótano más el movimiento de balanceo); siendo el valor del amortiguamiento predominante para la estructura de concreto armado del 2% [6].

Asimismo, en México se publicó un artículo científico en donde se pretendió conseguir valores reales del desempeño sísmico, entre ellos el porcentaje de amortiguamiento de edificios miniatura de muros estructurales. Para ello, realizaron 3 especímenes miniatura de 5 pisos los cuales fueron ensayados en una mesa vibratoria. En sus resultados obtuvieron que, para los especímenes A1 y A2 (muros autocentrados) los porcentajes de amortiguamiento varían entre 1.5% y 4%, y para el espécimen E1 (muro convencional) los porcentajes de amortiguamiento fueron de 1.5% y 3.0%. Por ello, señalan que el valor más conservador del amortiguamiento para sistemas estructurales de concreto es del 2%, ya que al utilizar porcentajes mayores se estará subestimando de manera importante los desplazamientos laterales de la estructura [8].

Igualmente, en Lima se analizó el comportamiento sísmico del Colegio Emblemático Joaquín Capelo utilizando valores del amortiguamiento entre 0.5% y 5% y rediseñarlo utilizando el 2%. Para ello, empleando los programas computacionales SEISMO SIGNAL y ETABS obtuvieron como resultados que al analizar la estructura con el 2% en comparación del 5% del amortiguamiento, las derivas máximas en la dirección “X-X” (pórticos de concreto) aumentan en un 13.54% y en “Y-Y” (albañilería) en un 8.50%, siendo necesario rigidizar la estructura. Por ello, concluyen diciendo que para edificaciones de concreto armado de hasta 7 pisos, el valor del amortiguamiento estructural se aproxima al 2% [9].

De igual forma, en Cajamarca desarrollamos la tesis de investigación “Análisis sísmico al utilizar 2% y 5% del amortiguamiento estructural en el Colegio Estatal de Oxamarca, Provincia de Celendín - Cajamarca 2020”, que trató de comparar las respuestas y fuerzas de la estructura utilizando como porcentajes de amortiguamiento el 2% (obtenido de investigaciones) y 5% (obtenido de la Norma Sismorresistente E-030). Se obtuvo como resultados que empleando el 2% del amortiguamiento estructural respecto al 5%, las respuestas de la estructura del colegio aumentan entre el 15% y 32%, y las fuerzas internas de sus columnas se incrementan entre 6% y 24% [10].

Por lo antes mencionado y siendo las estructuras de concreto armado y albañilería uno de los sistemas estructurales más utilizados, se justifica el presente artículo de investigación, el cual tuvo como objetivo realizar la comparación del análisis sísmico utilizando diferentes porcentajes de amortiguamiento estructural (2% y 5%) y mediante sus indicadores: respuestas de la estructura (desplazamientos, derivas, periodos de vibración y cortante basal) y fuerzas internas (fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momento flector) del Colegio Estatal de Oxamarca.

Asimismo, cabe recalcar que el presente documento se encuentra basado en resultados que forman parte de la tesis de investigación “Análisis sísmico al utilizar 2% y 5% del amortiguamiento estructural en el Colegio Estatal de Oxamarca, Provincia de Celendín - Cajamarca 2020” [10], trabajo realizado para la obtención del Título profesional de uno de los autores. A continuación, damos a conocer los resultados del comportamiento estructural al cambiar los coeficientes de amortiguamiento del 5% requerido por la Norma de Diseño Sismorresistente al 2% basándonos en los antecedentes antes mencionados en una institución educativa.

II. METODOLOGÍA

Enfoque de investigación: Cuantitativo, porque se basa en la medición numérica representándose mediante cantidades, porcentajes y métodos estadísticos [11].

Tipo de investigación: Descriptivo, pues busca especificar las propiedades y características de procesos que se someta a un análisis evaluando las variables independientemente [12].

Diseño de investigación: No experimental, puesto que la investigación trató de comparar dos variables, sin la manipulación intencional de estas [12].

En cuanto a la población, esta fue la edificación del Colegio Estatal de Oxamarca y la muestra se determinó por muestreo no probabilístico y por conveniencia, la cual fue conformada por los 3 módulos del colegio (módulo 1, módulo 2A, módulo 2B y módulo 3). Todos los módulos tienen un solo nivel y cuentan con un sistema estructural mixto, en la dirección “X” es de

pórticos y en la dirección “Y” el sistema predominante es de albañilería.

A continuación, se detalló las características de la muestra, además se indicará las columnas más desfavorables para el análisis de sus fuerzas internas, las cuales fueron 7'D, 4F, 8F y 2'B.

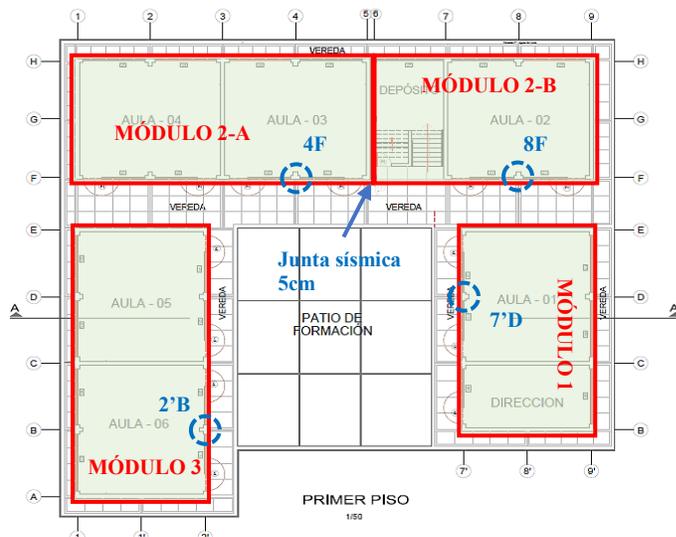


Fig. 1 Planta Típica del Colegio Estatal de Oxamarca Adaptado de Soto [10].

Por otra parte, las técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos se muestran a continuación:

TABLA I
TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

	Técnica	Instrumento
Recolección de datos	Extracción de información técnica.	- Ficha 1: Ficha de recolección de parámetros sísmicos. - Ficha 2: Ficha de chequeo de datos técnicos. - Reglamento nacional de edificaciones.
Análisis de datos	Modelamiento sísmico.	- Programa computacional ETABS V.16.2.1. - Hojas de EXCEL.

Adaptado de Soto [10].

Para el análisis sísmico, se empleó la Ficha 1: Ficha de recolección de parámetros sísmicos, de los cuales se obtuvo la siguiente información:

TABLA II
PARÁMETROS SÍSMICOS

	Dirección "X"	Dirección "Y"
	Cajamarca – Celendín - Oxamarca	
	Zona 2	Zona 2
Zonificación Sísmica	Z = 0.25	Z = 0.25
	Concreto Armado	Albañilería
	R = 8	R = 3
	Ia = 1	Ia = 1
	Ip = 1	Ip = 1
	Nº Pisos = 1	Nº Pisos = 1
Categoría de la Edificación	Edificación Esencial	Edificación Esencial
	U = 1.50	U = 1.50
	S2	S2
Condiciones de Suelo	0.60 seg	0.60 seg
	2.00 seg	2.00 seg
	S = 1.20	S = 1.20
Condiciones Sísmicas	3.65 m	3.65 m
	C _r : 60	C _r : 60
	0.06 seg	0.06 seg
	C = 2.5	C = 2.5

Adaptado de Soto [10].

Para el modelamiento sísmico se empleó la Ficha 2: Ficha de chequeo de datos técnicos, obteniendo lo siguiente:

TABLA III
CONSIDERACIONES DE CARGA

Consideraciones de Carga	Aligerado h=0.20 m	300 kg/m ²
	Cielo raso	20 kg/m ²
	Acabados	100 kg/m ²
	Aulas	250 kg/m ²
	Pasadizos	400 kg/m ²
	Techo	100 kg/m ²
Características de Materiales en "X"	Resistencia del concreto	F'c = 210 kg/cm ²
	Módulo de elasticidad	E = 15000√210 kg/cm ²
	Módulo de poisson	U = 0.15
	Peso Unitario	2400 kg/m ³
Características de Materiales en "y"	Resistencia de la albañilería	F'm = 45 kg/cm ²
	Módulo de elasticidad	E = 500(45) kg/cm ²
	Módulo de poisson	U = 0.25
	Peso Unitario	1800 kg/m ³

Adaptado de Soto [10].

Cabe mencionar que módulo de poisson para el concreto armado según la Norma de Concreto armado (NTP E-060) es de 0.20, pero se empleó el valor de 0.25 tal como nos recomienda Ricardo Oviedo [13].

Para la presente investigación se emplearon las siguientes ecuaciones para efectuar el análisis sísmico estático (1) y dinámico modal espectral (2):

$$V = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot P \quad (1)$$

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (2)$$

Donde:

- ✓ V: Fuerza cortante en la base de la estructura.
- ✓ Sa: Espectro inelástico de pseudo-aceleración.
- ✓ Z: Factor de zona.
- ✓ U: Factor de uso de la edificación.
- ✓ C: Factor de amplificación sísmica.
- ✓ S: Factor de amplificación del suelo.
- ✓ R: Coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas.
- ✓ P: Peso sísmico.
- ✓ g: Gravedad (m/s²).
- ✓ El valor de C/R debe ser mayor o igual que 0.11.

Asimismo, la verificación del análisis sísmico fue mediante los límites máximos de la distorsión del entrepiso de la norma sismorresistente NTP E-030, empleando la siguiente tabla:

TABLA IV
LÍMITES PARA LA DISTORSIÓN DEL ENTREPISO

Material predominante	(Δi/hei)
Concreto armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con ductilidad limitada	0.005

Adaptado de MVCS [4].

III. RESULTADOS

A continuación, se muestra los resultados de la respuesta de la estructura (desplazamientos, derivas, periodos de vibración y cortante basal dinámica) y fuerzas internas de los elementos estructurales (fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momento flector), correspondiente a los módulos 1, 2A, 2B y 3 frente al análisis sísmico dinámico para el 2% y 5% del amortiguamiento estructural.

1. Respuestas de la estructura

- ✓ Los primeros resultados obtenidos fueron los desplazamientos máximos de la estructura, obteniendo que estos no superan los límites de la norma sismorresistente peruana.

TABLA V
DESPLAZAMIENTOS MÁXIMOS (mm)

% Amortig.	"X"	"Y"
5%	Varía: 6.33 a 8.17	Varía: 0.74 a 1.03
2%	Varía: 7.77 a 10.03	Varía: 0.96 a 1.35

Adaptado de Soto [10].

- ✓ Igualmente, las derivas en ambas direcciones cumplen con los límites indicado por la norma NTP-E030.

TABLA VI
DERIVAS MÁXIMAS

% Amortig.	“X”	“Y”
5%	Varía: 0.00223 a 0.00283	Varía: 0.00022 a 0.00028
2%	Varía: 0.00274 a 0.00347	Varía: 0.00027 a 0.00037

Adaptado de Soto [10].

- ✓ En cuanto a los periodos de vibración al emplear 5% y 2% en ambas direcciones, estos no presentan ningún aumento.

TABLA VII
PERIODOS MÁXIMOS DE VIBRACIÓN (seg)

% Amortig.	Periodo (seg)
5%	Varía: 0.17 a 0.20
2%	Varía: 0.17 a 0.20

Adaptado de Soto [10].

- ✓ Respecto a las cortantes basales máximas, los resultados fueron los siguientes:

TABLA VIII
CORTANTES BASALES DINÁMICAS MÁXIMAS (tn)

% Amortig	“X”	“Y”
5%	Varía: 15.35 a 19.32	Varía: 32.90 a 51.12
2%	Varía: 18.84 a 23.72	Varía: 37.84 a 62.76

Adaptado de Soto [10].

A continuación, en la Fig. 2 y Fig. 3 se resume el porcentaje de aumento de las respuestas de la estructura al emplear 2% del amortiguamiento respecto al 5% de cada módulo del Colegio Estatal de Oxamarca.

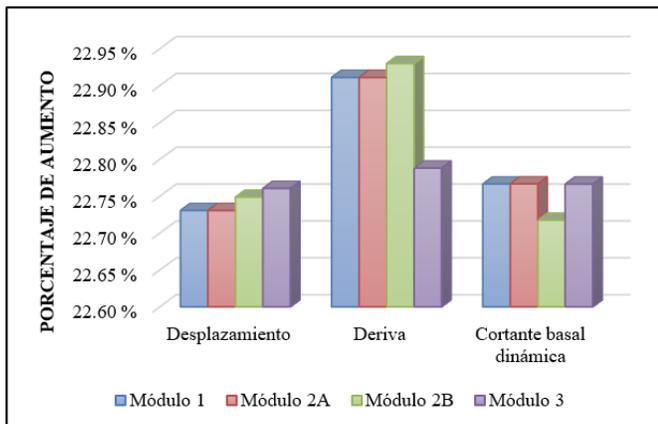


Fig. 2 Resumen de las respuestas de la estructura para “X” (Pórticos)
Adaptado de Soto [10].

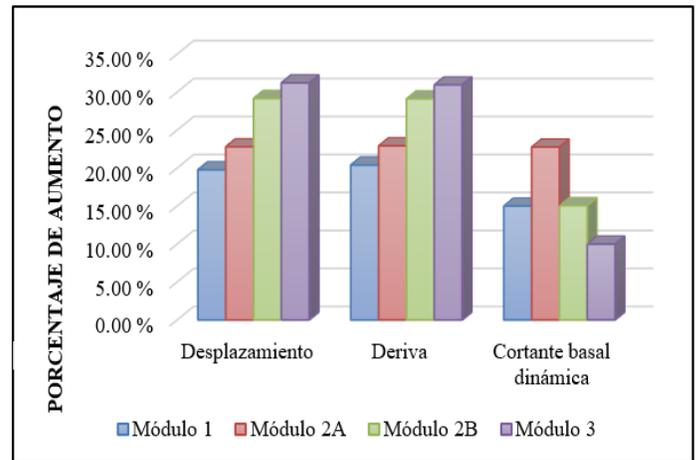


Fig. 3 Resumen de las respuestas de la estructura para “Y” (Albañilería)
Adaptado de Soto [10].

2. Fuerzas internas de los elementos estructurales

- ✓ El primer resultado a evaluar fueron las fuerzas axiales de las columnas más desfavorables (Fig. 1), obteniendo los siguientes resultados:

TABLA IX
FUERZAS AXIALES (tn)

% Amortig.	“X”	“Y”
5%	Varía: 0.0845 a 0.0945	Varía: 0.1583 a 0.2688
2%	Varía: 0.1038 a 0.1160	Varía: 0.1742 a 0.3300

Adaptado de Soto [10].

- ✓ De la misma manera, se obtuvieron los resultados de las fuerzas cortantes de las columnas más desfavorables, obteniendo lo siguiente:

TABLA X
FUERZAS CORTANTES (tn)

% Amortig.	“X”	“Y”
5%	Varía: 0.0116 a 0.0255	Varía: 0.2933 a 0.4231
2%	Varía: 0.0142 a 0.0316	Varía: 0.3347 a 0.5194

Adaptado de Soto [10].

- ✓ Finalmente, se obtuvieron los resultados de los momentos flectores de las columnas más desfavorables, obteniendo lo siguiente:

TABLA XI
MOMENTOS FLECTORES (tn*m)

% Amortig.	“X”	“Y”
5%	Varía: 0.0238 a 0.0473	Varía: 0.5791 a 0.8349
2%	Varía: 0.0293 a 0.0586	Varía: 0.6608 a 1.0250

Adaptado de Soto [10].

A continuación, en la Fig. 4 y Fig. 5 se resume el porcentaje de aumento de las fuerzas internas al emplear 2% del amortiguamiento respecto al 5% de cada módulo del Colegio Estatal de Oxamarca.

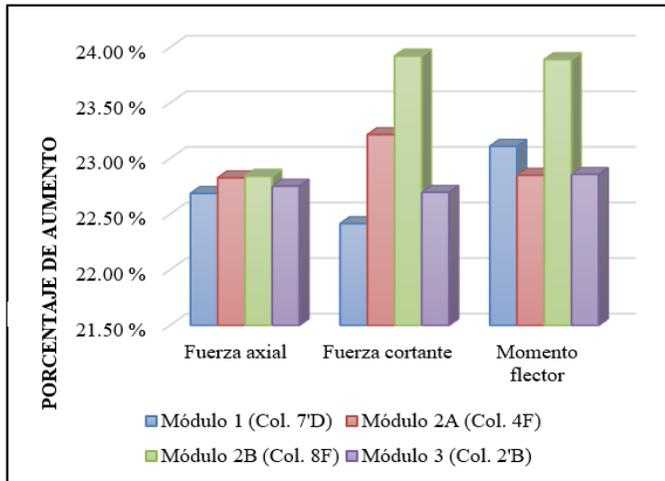


Fig. 4 Resumen de las fuerzas internas para “X” (Pórticos)
Adaptado de Soto [10].

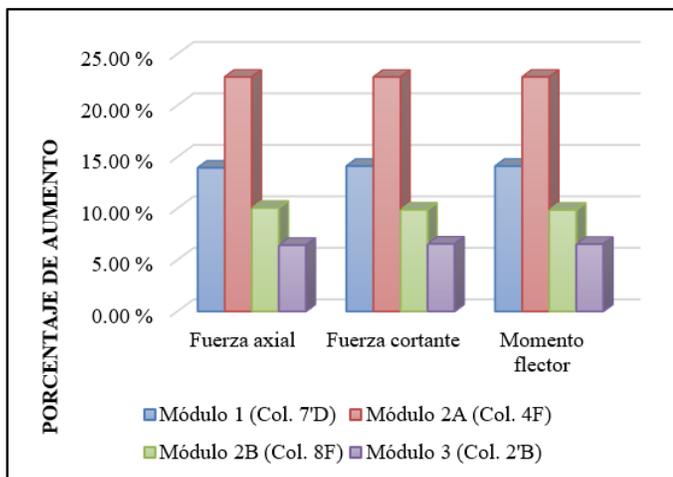


Fig. 5 Resumen de las fuerzas internas para “X” (Pórticos)
Adaptado de Soto [10].

IV. DISCUSIÓN

Evitar el colapso de las estructuras frente a los sismos depende de su correcto análisis sísmico durante su concepción, siendo esta variable capaz de medirse a través de sus indicadores como son las respuestas de la estructura (desplazamientos, derivas, periodos de vibración y cortante basal) y las fuerzas internas de sus elementos estructurales (fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momento flector). Por ello, la norma técnica de diseño sismorresistente E030 establece que se debe efectuar principalmente el control de derivas por piso de la estructura de acuerdo con el tipo de material predominante en cada dirección de análisis; para el caso del Colegio Estatal de Oxamarca la deriva máxima permitida por la norma E-030 en la dirección de pórticos “X” es de 0.007. Los resultados mostraron que todos los módulos cumplen con la norma E-030 al tener derivas menores a 0.007, siendo la máxima deriva de 0.00283 para el 5% del amortiguamiento y de 0.00347 para el 2%.

De igual forma, para la dirección “Y” constituido por albañilería, la máxima deriva permitida por la norma E-030 es de 0.005. Los resultados muestran que todos los módulos cumplen con la norma al tener derivas menores a 0.005, siendo la máxima deriva de 0.0028 para el 5% del amortiguamiento y de 0.0037 para el 2%.

Tras el desarrollo de la presente investigación se encontró que la principal limitación gira en torno a la recopilación de información, si bien es cierto que todos los parámetros para el análisis sísmico fueron recopilados a través de los planos del Colegio Estatal de Oxamarca y de las normativas vigentes del reglamento nacional de edificaciones, no se obtuvo el estudio de mecánica de suelos que nos permitiera corroborar los parámetros del suelo. Por ello, se ha creído conveniente trabajar con los datos del suelo indicados en las especificaciones técnicas de los planos de estructuras.

Asimismo, esta investigación solo ha llegado a comparar los desplazamientos, derivas, periodos de vibración, cortantes dinámicas y fuerzas internas de la estructura al utilizar 2% del amortiguamiento estructural respecto al 5%, a través del análisis sísmico dinámico modal – espectral; pudiendo realizar también el análisis dinámico tiempo – historia para que los resultados sean mucho más reales, pero este análisis no se efectuó porque no se contó con los registros sísmicos del departamento de Cajamarca.

A la vez, dentro de los puntos inciertos que dejó la presente investigación, se puede mencionar al porcentaje de variación del análisis sísmico usando el 2% de amortiguamiento estructural, pero para edificaciones mayores a 2 niveles de altura.

En cuanto a la interpretación comparativa con los antecedentes, los estudios realizados en Japón [6] y México [8], señalan que el valor real y predominante del amortiguamiento estructural en edificaciones de concreto es del 2%, de lo contrario se estaría subestimando de manera importante los desplazamientos laterales de la estructura, y en la presente investigación se verificó lo mencionado por estos autores al comprobar que al utilizar el 2% del amortiguamiento, las respuestas de la estructura (desplazamientos, derivas y cortantes dinámicas) de todos los módulos del Colegio Estatal de Oxamarca aumentan significativamente entre un 15% y 32%, como se detalló en las figuras 2 y 3. Asimismo, las fuerzas internas (fuerza axial, fuerza cortante y momento flector) de todos los módulos también aumentaron entre un 6% y 24%, tal como se expuso en las figuras 4 y 5.

Asimismo, al comparar los resultados obtenidos en Lima en el Colegio Emblemático Joaquín Capelo [9], en donde se analizó las derivas de la estructura con el 2% en comparación del 5% del amortiguamiento, obtuvieron que las derivas máximas en la dirección "X" (pórticos de concreto) aumentan en un 13.54%, y en "Y" (albañilería) en un 8.50%; y comparando con la presente investigación, específicamente con el módulo 3 del Colegio Estatal de Oxamarca, el cual presentó las mayores derivas, estas aumentaron en un 22.79% para la dirección "X" (pórticos) y en un 30.95% para la dirección "Y" (albañilería).

En cuanto a la implicancia, la presente investigación proporciona un aporte teórico el cual incurre en el diseño sismorresistente de edificaciones, ya que los resultados obtenidos al realizar el análisis sísmico cambiando los porcentajes de amortiguamiento del 5% al 2%, demostraron que las respuestas de la estructura y fuerzas internas de las columnas están en función del factor de amortiguamiento; aumentando los valores significativamente de los desplazamientos, derivas y cortante basal de la edificación entre el 15% y 32%, lo mismo ocurrió en las fuerzas axiales, fuerzas cortantes y momentos flectores, los cuales aumentaron entre 6% y 24% en ambas direcciones de análisis. En tal sentido, se llegó a la conclusión que el amortiguamiento es una característica importante en el modelamiento sísmico, por ello su valor debe ser evaluado para cada tipo de sistema estructural, evitando así tomar el valor comúnmente del 5% dado por la norma de diseño sismorresistente E-030, especialmente en edificaciones esenciales como instituciones educativas donde se busca preservar que la estructura no falle ante sismos severos, sino que se mantenga operativa para salvaguardar la vida de las personas. Para ello, los ingenieros estructuralistas deben emplear en sus diseños el factor del 2% del amortiguamiento en estructuras de concreto armado, ya que se demostró en el capítulo anterior que este valor da mayores solicitaciones sísmicas en el diseño sismorresistente, por lo cual se tendrá mejores resultados en el comportamiento sísmico de las edificaciones.

V. CONCLUSIONES

Respecto a las conclusiones finales, podemos mencionar que se realizó el análisis sísmico empleando el programa computacional ETABS y utilizando el 5% y 2% del amortiguamiento estructural para cada módulo del Colegio Estatal de Oxamarca y se constató que todos los módulos están por debajo de la deriva máxima para el sistema aperturado de 0.007 y de 0.005 para el sistema de albañilería, como lo indica la norma de diseño sismorresistente E-030.

Asimismo, se hizo la comparación del análisis sísmico mediante sus indicadores como son las respuestas de la estructura y fuerzas internas del Colegio Estatal de Oxamarca, al utilizar 2% de amortiguamiento estructural respecto al 5%; obteniendo como resultado que al emplear el valor del 2%, las respuestas de la estructura aumentan significativamente, siendo el aumento entre 15% y 32% y las fuerzas internas de entre 6% y 24%. educativa aumentan significativamente.

Por último, analizando los antecedentes y los resultados obtenidos del porcentaje de aumento de las respuestas de la estructura y fuerzas internas, se concluye que el valor del 5% para el amortiguamiento dado por la Norma Sismorresistente E030 para todos los sistemas estructurales es un valor errado ya que no ha sido obtenido mediante la experimentación, por ello basándonos en los estudios experimentales realizados en Japón y en México, es mejor emplear 2% para el amortiguamiento estructural para las estructuras de concreto armado, ya que de esta forma se estará siendo más conservador y no se estará subestimando los desplazamientos, derivas y cortantes basales de la estructura.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermanas, por su apoyo infinito en todo momento de mi formación académica. A mis docentes, por su paciencia, motivación y ayuda en cada etapa de mi camino universitario con sus sabias enseñanzas. A mi asesora, Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento por su ayuda y orientación en la presente investigación.

REFERENCIAS

- [1] A. Cisternas, "El país más sísmico del mundo," *Revista anales*, pp. (17-34), 2011.
- [2] M. Mosqueira, "Riesgo sísmico en las edificaciones de la facultad de ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú," *Ciencia y Tecnología*, vol. 8, n° 22, pp. 43-58, 2012.
- [3] C. Valderrama y J. Meza, "Influencia de la interacción suelo-estructura en la reducción de esfuerzos de una edificación con zapatas aisladas," Tesis de Licenciatura, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*, 2014.
- [4] MVCS, "Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento" Perú, 2019.
- [5] W. Colqui, "Influencia del amortiguamiento en el compartimiento estructural de la Institución Educativa Integrada Puerto Yurinaki, distrito

- de Perené, provincia de Chanchamayo, región Junín," Tesis de Licenciatura, *Universidad Continental*, 2018.
- [6] K. Morita, "Damping ratio estimation of an existing 8-story building considering soil-structure interaction using strong motion observation data.," *Building Research Institute*, 2006.
- [7] L. Villa, "Operational influence of the nature of the damping considered in the adjustment of the structural response model on the results of the scale factors for operational modal analysis," *Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería*, vol. 35, n° 3, p. 44, 2019.
- [8] R. Salinas, M. Rodríguez y R. Sánchez, "Ensayes en mesa vibratoria de edificios miniatura con muros estructurales de concreto convencionales y autocentrados," *Revista de ingeniería sísmica*, n° 89, pp. 100-133, 2013.
- [9] M. Flores, R. Lino, R. Mesía y L. Ramírez, "Rediseño del módulo típico del colegio emblemático "Joaquín Capelo" utilizando 2% de amortiguamiento para el concreto armado en la dirección aporticada," Proyecto de Diplomado, *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*, 2012.
- [10] C. Soto, "Análisis sísmico al utilizar 2% y 5% del amortiguamiento estructural en el colegio estatal de Oxamarca, provincia de Celendín - Cajamarca 2020," Tesis de Licenciatura, *Universidad Privada del Norte*, 2020.
- [11] M. Borja, Metodología de la investigación científica para ingenieros, Ciclayo, 2012.
- [12] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la investigación, 5 ed., México: McGraw-Hill, 2010.
- [13] R. Oviedo, Diseño sismorresistente de edificaciones de concreto armado, Lima: Oviedo Ingeniería EIRL, 2016.