

Guía internacional para el diseño de aisladores sísmicos para países que no cuenten con una norma de aisladores sísmicos

International guidelines for the design of seismic isolators for countries that not have a seismic isolator standard

Meza Gallegos, L,Eng¹, Quintanilla Gallegos, M, Eng², Orihuela Davila, J,Mg³

^{1,2,3}Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú, ¹u201510152@upc.edu.pe, ²u201313535@upc.edu.pe, ³pccijori@upc.edu.pe,

Resumen - En este estudio se propone una guía el diseño de los aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (lead rubber bearing, por sus siglas en ingles LRB) para países que no cuentan con una norma de aisladores sísmicos cumpliendo los parámetros de diseño del aislador. Se siguió ciertos criterios de dos normas de Sudamérica, una norma de Norte Americana y una norma de Oceanía, de las cuales se ha hecho una consolidación para poder realizar una guía que sirva para el diseño de aisladores en los países que no cuentan con una norma de aisladores sísmicos. Para comprobar dicho estudio, se ha realizado los diseños de los espectros sísmicos de cada norma, usando el diseño y parámetros de la guía propuesta, y se ha verificado que cumplen con el diseño de la estructura aislada respecto a la norma de cada país en que se hizo el espectro sísmico. Se ha dado como resultado las derivas, desplazamientos y aceleraciones para verificar que cada norma tiene un diferente comportamiento.

Palabras claves — guía internacional, aisladores sísmicos, aisladores LRB, diseño de aisladores sísmicos,

Abstract - This study proposes a guide for the design of lead core elastomeric isolators (LRB) for countries that do not have a seismic isolator standard that complies with the design parameters of the isolator. Certain criteria of two South American standards, a North American standard and an Oceania standard were followed and consolidated in order to create a guide for the design of isolators in countries that do not have a seismic isolator standard. To verify this study, the designs of the seismic spectra of each standard have been made, using the design and parameters of the proposed guide, and it has been verified that they comply with the design of the isolated structure with respect to the standard of each country in which the seismic spectrum was made. As a result, the drifts, displacements and accelerations have been obtained to verify that each standard has a different behavior.

Keywords— international guide, LRB isolators, seismic isolator design

I. INTRODUCCIÓN

Los eventos sísmicos son desastres naturales que en grandes magnitudes producen consecuencias graves y devastadoras para la sociedad. En la parte de las edificaciones la vulnerabilidad ante un sismo puede ser un factor muy importante y pueden ocasionar un riesgo. Por ello, el avance de la tecnología y el estudio de la ingeniería sismorresistente, han desarrollado diversos tipos de mecanismo en las estructuras para que las aceleraciones del sismo no afecten su funcionalidad; dichos mecanismo pueden ser los aisladores sísmicos [1]. Los aisladores sísmicos hacen que el periodo fundamental de las estructuras incremente, este periodo de vibración se encuentra en la parte baja del espectro de diseño y la cortante basal de la edificación disminuye considerablemente en comparación de una estructura con la base fija [2]. Actualmente existen muchos países que no cuentan con una norma de diseño de los aisladores sísmico, y tienen que seguir los procedimientos y códigos de otros países.

Esta investigación propone una guía para el diseño de aisladores sísmicos siguiendo los parámetros del diseño de los aisladores sísmicos establecidos por diferentes normas y poder tener un procedimiento valido que respete lo estipulado en cada una de las normas analizadas. Se obtendrá como resultado una serie de pasos, los cuales son necesarios para el diseño de los aisladores.

Se analizará un sistema de aisladores sísmicos con aisladores elastoméricos con núcleo de plomo (Lead Rubber Bearing, siglas en ingles LRB), se diseñarán los aisladores de un edificio de concreto armado de 6 pisos con 4 normas de diferentes países (NTP E.031, NCh 2745, ASCE 7-16 y NZS 1170.5). Para poder identificar los factores de mayor importancia en un diseño de aislador.

Después de realizado el análisis con las distintas normas, se procederá a proponer una guía en la cual se tendrán en cuenta los puntos importantes de cada una de las normas analizadas. Obteniendo como resultado una guía para el diseño de aisladores, que podrá ser utilizada por países donde todavía no se tenga alguna norma de diseño de aisladores sísmicos. Este procedimiento cumplirá con los parámetros de diseño de los aisladores sísmicos establecidos en las normas.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.343>

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

II. METODOLOGÍA

A. Espectros sísmicos

Se ha realizado los espectros sísmicos para el uso de aisladores sísmicos de cuatro normas (NTP E.030, NCh 2745, ASCE7-10 y NZS 1170.5). Los principales parámetros en los espectros sísmicos son el tipo de suelo, los factores de zona, la cercanía a una falla y la importancia de la edificación.

- 1) NTP E.031
 - La norma peruana utiliza el sismo máximo considerado (SMC) que es 1.5 veces el sismo de diseño, y el uso del espectro de tiempo– historia con 7 pares .
- 2) ASCE 7-16
 - La norma americana de igual manera que la peruana utiliza el sismo máximo considerado (MCE) que es 1.5 veces el sismo de diseño, siempre y cuando se cumpla con los requisitos que establece, caso contrario se tendrá que utilizar el espectro tiempo– historia.
- 3) NCh 2745
 - La norma chilena utiliza el sismo máximo posible (SMP). El SMP es 1.2 veces el sismo de diseño, debido a que se multiplica por un factor que establece la norma chilena; también se puede diseñar con el espectro tiempo– historia.
- 4) NZS 1170.5
 - La norma de Nueva Zelanda diseña el espectro sísmico dependiendo de algunos datos y características del proyecto, como el tipo de suelo, distancia de cercanía a la falla, el factor de periodo de retorno de un sismo, el uso de la estructura, el valor de resiliencia que debe tener la estructura y una referencia de un espectro sísmico que la norma indica para que se utilice con los otros parámetros.

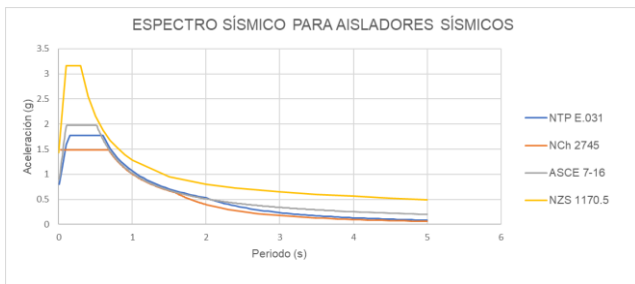


Figura 1: Espectros sísmicos de las normas analizadas

B. Parámetros de diseño de un aislador

Se propone determinar las características del aislador LRB y su verificación, estableciendo los factores necesarios para el diseño del mismo. Luego de realizar el análisis comparativo de los requisitos de cada una de las normas, se determinó el procedimiento y los criterios que proponen. Los puntos en los que coinciden y en los que difieren, en base a ellos se procede a la proponer un procedimiento que pueda ser utilizado por países que no tienen una norma para el diseño de aisladores sísmicos. Como resultado de esta investigación se propone una guía para el diseño de aisladores en la base.

Procedimiento de diseño:

1) Periodo objetivo

$$T_{obj} \geq 3 T_{base}$$

T_{base} : periodo periodo de la base

Edificio de hasta 6 pisos o menos de 18 m de altura.

$$T_{obj} = 2.4 \text{ s}$$

2) Amortiguamiento de los aisladores LRB:

$$\beta_D = 15\% - 25\%$$

3) Coeficiente de amortiguamiento:

$$15\% \text{ amortiguamiento} \rightarrow B_M = 1.35$$

$$20\% \text{ amortiguamiento} \rightarrow B_M = 1.50$$

$$25\% \text{ amortiguamiento} \rightarrow B_M = 1.60$$

B_M : coeficiente de amortiguamiento

En el caso que se encuentre entre dos porcentajes de amortiguación se debe interpolar.

4) Desplazamiento traslacional:

$$D_M = \frac{S_a \times T^2 \times g}{4 \times \pi^2 \times B_M} \quad (1)$$

Sa: pseudo aceleración

T: periodo objetivo

g: gravedad

5) Desplazamiento total:

$$D_{TM} = 1.15 \times D_M(2)$$

6) W: Peso de la estructura dividido entre la cantidad de aisladores:

$$W = \frac{\text{peso de la estructura}}{\# \text{ de aisladores}} \quad (3)$$

7) Rigidez efectiva:

$$K_{eff} = \frac{4 \times \pi^2 \times W}{T^2 \times g} \quad (4)$$

8) Energía disipada en cada ciclo histerético

$$W_D = 2 \times \pi \times K_{eff} \times D_M^2 \times \beta_D(5)$$

9) Fuerza característica

$$Q = W_D / [4 \times (D_M - D_y)](6)$$

D_y : desplazamiento de fluencia

10) Rigidez post-fluencia

$$K_2 = K_{eff} - Q/D_M(7)$$

11) Rigidez elastica

$$K_1 = \alpha \times K_2$$

α : factor de amplificación (comúnmente es 10)

12) Desplazamiento de fluencia

$$D_y = \frac{Q}{K_1 - K_2} \quad (8)$$

Se debe realizar iteraciones comenzando $D_y = 0 \text{ m}$.

13) Area de plomo

$$A_p = \frac{Q}{\tau_y} \quad (9)$$

τ_y : valor de tensión de fluencia del plomo, comúnmente es 1019 ton/m².

14) Diametro de plomo

$$D_{pb} = 2 \times \sqrt{\frac{A_p}{\pi}} \quad (10)$$

D_{pb} : el diámetro de plomo se recomienda que tenga un mínimo de 10 cm.

15) Altura del aislador de la goma

$$H_r = \frac{D_M}{\gamma_s} \quad (11)$$

γ_s : deformación lateral por corte, comúnmente 150%.

16) Altura del aislador

$$H = h + 2 \times t_{ext} \quad (12)$$

$$n = \frac{H_r}{t_r} \quad (13)$$

$$h = n \times t_r + (n - 1) \times t_s \quad (13)$$

H: altura total del aislador

t_{ext} : placas externas de acero

h: altura de aislador de goma y acero

n: número de láminas de goma, debe ser número entero

t_r : espesor de la goma, comúnmente $e=0.006$ m

t_s : espesor del acero, comúnmente $e=0.003$ m

17) Área del aislador (solo goma)

$$A = \frac{P_{Max}}{\sigma_{AC}} \quad (14)$$

P_{Max} : Carga máxima de un aislador, con el diseño de cargas que tiene cada norma de diseño de las estructuras

σ_{AC} : tensión admisible de la goma, comúnmente 900 t/m²

18) Diametro de un aislador

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{A + A_p}{\pi}} \quad (15)$$

D: diámetro del aislador

19) Modulo de corte de la goma

$$G = \frac{K_{eff} \times H_r}{A} \quad (16)$$

20) Factor de forma

$$S = \frac{D^2 - D_{pb}^2}{4 \times D \times t_r} \quad (17)$$

21) Rigidez del aislador con un nucleo de plomo

$$K_p = 1.15 \times K_{eff} \quad (18)$$

22) Rigidez post-fluencia del aislador con nucleo de plomo

$$K_{2p} = K_p - \frac{Q}{D_M} \quad (19)$$

23) Rigidez elastica del aislador con nucleo de plomo

$$K_{1p} = (6.5 \text{ a } 13) \times K_{2p} \quad (20)$$

24) Fuerza de fluencia del aislador

$$F_y = Q + K_p \times D_y \quad (21)$$

25) Rigidez vertical

$$K_v = \frac{E_v \times A}{H_r} + \frac{E_l \times A_p}{H_l} \quad (22)$$

$$E_v = \frac{1}{\frac{1}{6 \times G \times S^2} + \frac{4}{3 \times K}} \quad (23)$$

K_v : rigidez vertical

E_v : módulo de rigidez vertical

E_l : módulo de elasticidad del plomo es 1400000 t/m²

K: módulo de comprensibilidad de la goma tiene un valor de 200000 t/m²

$H_l = h$: altura de goma y acero del aislador

26) Fluencia vertical

$$f_v = \frac{\sqrt{\frac{K_v}{K_H}}}{T} \quad (24)$$

$K_H = K_{eff}$: rigidez efectiva

27) Deformación de corte por deformación

$$\gamma_D = \frac{D_{TM}}{H_r} \leq 2.25 \quad (25)$$

28) Deformación de corte por compresión

$$\gamma_c = 6 \times S \times \varepsilon_c \quad (26)$$

$$\varepsilon_c = \frac{\frac{P_{max}}{A}}{E_0 \times (1 + 2 \times k \times S^2)} \quad (27)$$

$$E_0 = f \times G$$

f: factor de fabrica es igual a 4

$$G \leq 50 \text{ psi} \rightarrow k = 0.90$$

$$G \leq 70 \text{ psi} \rightarrow k = 0.85$$

$$G \leq 90 \text{ psi} \rightarrow k = 0.75$$

$$G \leq 150 \text{ psi} \rightarrow k = 0.65$$

29) Deformación a la rotación

$$\gamma_r = 0.375 \times \left(\frac{D}{t_r}\right)^2 \times \frac{\theta}{n} \quad (28)$$

$\theta \geq 0.003$ radianes

Solo para aisladores forma circular

30) Deformación máxima

$$\gamma_D + \gamma_c + \gamma_r \leq 5.00 \quad (29)$$

31) Área reducida

$$A_R = A \times 2$$

$$\times \left[\frac{D^2 \times \sin^{-1} \left(\frac{\sqrt{D^2 - D_{TM}^2}}{D} \right) - D_{TM} \times \sqrt{D^2 - D_{TM}^2}}{\pi \times D^2} \right] \quad (30)$$

32) Peso crítico y verificar la capacidad axial

$$P_{critico} = \frac{\pi}{\sqrt{8}} \times G \times S \times \frac{D}{n \times t_r} \times A_R \quad (31)$$

$$P_{critico} \geq P_{max}$$

Peso critico debe ser mayor que el peso máximo, se debe porque el mayor desplazamiento, genera un área de apoyo que es el área reducida, lo cuales la fuerza máxima recibida.

33) Verificación del pandeo

$$P_s = (G \times A)_{eff} = G \times A_s \quad (32)$$

$$A_s = A \times \frac{H_l}{H_r} \quad (33)$$

P_s : fuerza de corte efectiva

A_s : área de corte efectiva, para un aislador LRB incluye el núcleo de plomo

$$P_E = \frac{\pi^2 \times (E \times I)_{eff}}{Hl^2} \quad (34)$$

P_E : Carga de Euler para una columna sin deformación al esfuerzo de corte

$(E \times I)_{eff}$: rigidez a la inclinación o también conocida como "tilting"

$$(E \times I)_{eff} = \frac{1}{3} \times E_v \times I(35)$$

$$I = \frac{\pi}{4} \times \left[\left(\frac{D_e}{2} \right)^4 - \left(\frac{d_p}{2} \right)^4 \right] (36)$$

I: inercia del aislador

D_e : diámetro exterior

$$P_{crit-pandeo} = \frac{P_s}{2} \times \sqrt{1 + 4 \times \frac{P_E}{P_s}} - 1(37)$$

P_{crit} : carga crítica para un fenómeno de pandeo

$$\frac{P_{crit-pandeo}}{P_{max}} \geq F.S \rightarrow F.S > 1$$

34) Derivas

Respecto a las derivas se sugiere como deriva máxima el 1%

35) Espectro sísmico

Si el país no cuenta con un espectro sísmico para aisladores se recomienda utilizar 1.5 veces el espectro de diseño.

A. Edificación considerada

Se ha considerado una edificación de 6 pisos con una estructura porticada, el diseño de la estructura con la norma NTP E.031 se ha considerado en Lima, Perú con suelo de clase S2, suelos intermedios. Para la norma NCh 2745 se ha considerado en Santiago de Chile, Chile con un tipo de suelo D; suelo medianamente denso o firme. Para la norma ASCE 7-16 se ha considerado en California, EE. UU con un tipo de suelo D, suelo rígido. Y para la norma NZE 1170.5 se ha considera Wellington con una clase de suelo C, suelo poco profundo. Se ha considerado perfiles de suelo similares para las normas analizadas, con el fin de contar con una misma condición estructural y geotécnica independientemente de la norma.



Figura 2: Edificio en planta

Tabla 1: Resultados del diseño de aisladores con la utilización de la guía propuesta

Descripción: tabla de resultados realizado por la guía propuesta con los datos de las normas analizadas

	NTP E.031	NCh 2745	ASCE 7-16	NZE 1170.5
T	2.40	2.40	2.40	2.40
Amortiguamiento LRB	20.00%	20.00%	20.00%	20.00%
DM	0.35	0.26	0.41	0.69
DTM	0.41	0.30	0.47	0.80
Diámetro del plomo	0.11	0.10	0.11	0.15
H(altura del aislador)	0.36	0.27	0.41	0.70
H(altura del dispositivo)	0.41	0.32	0.46	0.75
P max	239.00	216.00	273.00	800.00
σ_{ac} (esfuerzo del caucho)	900.00	900.00	900.00	900.00
D (diámetro del aislador)	0.67	0.64	0.71	1.13
G (módulo de corte de la goma)	67.75	56.18	68.29	39.89
S (factor de forma)	27.06	25.88	28.70	46.33
Kp(rigidez con núcleo de plomo)	88.11	88.11	88.11	88.11
WD con núcleo de plomo	13.74	7.72	18.21	53.35
YC (deformación de corte por compresión)	0.46	0.58	0.43	0.45
YD (deformación de corte por deformación)	1.73	1.73	1.73	1.73
Y θ (deformación a la rotación)	0.35	0.42	0.34	0.51
Ymax	2.53	2.72	2.49	2.69
Ymax propuesto	5.00	5.00	5.00	5.00
Ymax =< Ymax propuesto	acepto	acepto	acepto	acepto
Ar (area reducida)	0.07	0.10	0.07	0.16
P crit	477.85	657.47	439.15	929.29
F.S=P crit/ P max (fuerza axial)	2.00	3.04	1.61	1.16
FS>1	cumple	cumple	cumple	cumple
As(área de corte efectiva)	0.40	0.36	0.46	1.34
Ps (fuerza de corte efectiva)	31.45	23.52	36.21	61.59
I (inercia)	0.01	0.01	0.01	0.08
Pe(carga de Euler)	26039.04	35407.29	25822.19	64806.84
P crítico pandeo	905.15	912.74	967.17	1998.06
F.S de pandeo	3.79	4.23	3.54	2.50
F.S de pandeo>1	cumple	cumple	cumple	cumple

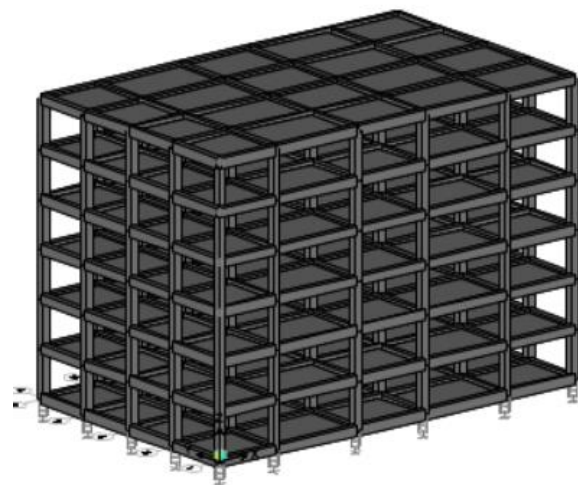


Figura 3: Edificio 3D

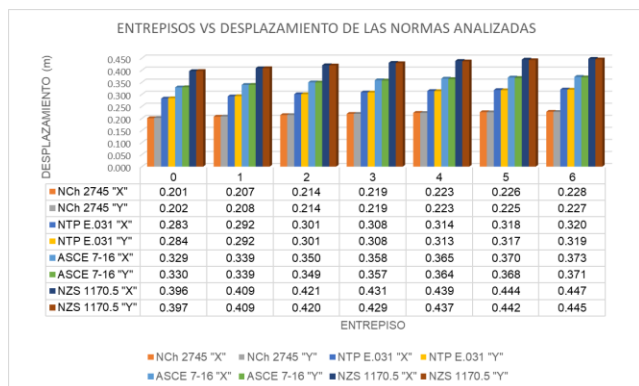
B. Desplazamientos en la base y pisos superiores de un edificio de 6 pisos

En la gráfica 1, se muestran los desplazamientos que tiene un edificio de 6 pisos ante un evento sísmico. El desplazamiento del diseño de los aisladores con la guía debe ser mayores que los desplazamientos del modelo 3D. Como se observa en la gráfica 1, el mayor desplazamiento en la base en la dirección X y Y de la estructura de 6 pisos de concreto armado con el análisis de la norma NTP E.031 es 0.283 m, este valor es menor al desplazamiento de diseño 0.35 m. En el caso del análisis de la norma NCh 2745, el mayor desplazamiento en la base es 0.202 m, este valor es menor al desplazamiento de diseño 0.255 m. En el caso del análisis de la norma ASCE 7-

III. Resultados y validaciones

El diseño de los aisladores de la guía se ha usado en las distintas normas como se puede observar en la tabla 1. Estos parámetros de diseño de aisladores sísmicos se han cumplido.

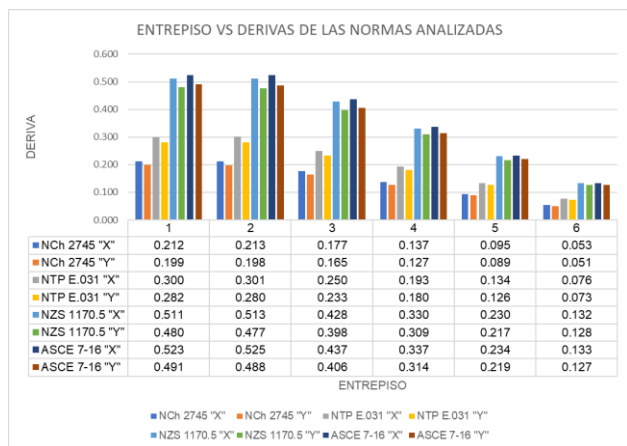
16 es 0.33 m, este valor es menor al desplazamiento de diseño 0.406 m. Y finalmente, en el caso del análisis de la norma NZS 1170.5 es 0.397 m, este valor es menor al desplazamiento de diseño 0.69 m.



Gráfica 1: Desplazamiento en dirección X y Y

C. Derivas entrepisos de un edificio de 6 pisos

Las derivas cumplen de acuerdo con cada norma de diseño y se observa en la gráfica 2, que las máximas derivas se generan en el primer y segundo piso. Como se observa en la gráfica 2, las mayores derivas en las direcciones X e Y, en un edificio de 6 pisos de concreto armado analizando con las normas NTP E.031, NCh 2745, ASCE 7-16 y NZS 1170.5 es 0.301%, 0.213%, 0.525% y 0.513% respectivamente. La deriva máxima en la NTP E.031 es de 0.35%, en la norma NCh 2745 es de 0.3% para su sismo máximo, en la norma ASCE 7-16 es de 1.5% y para la norma NZS 1170.5 es de 2.5%.

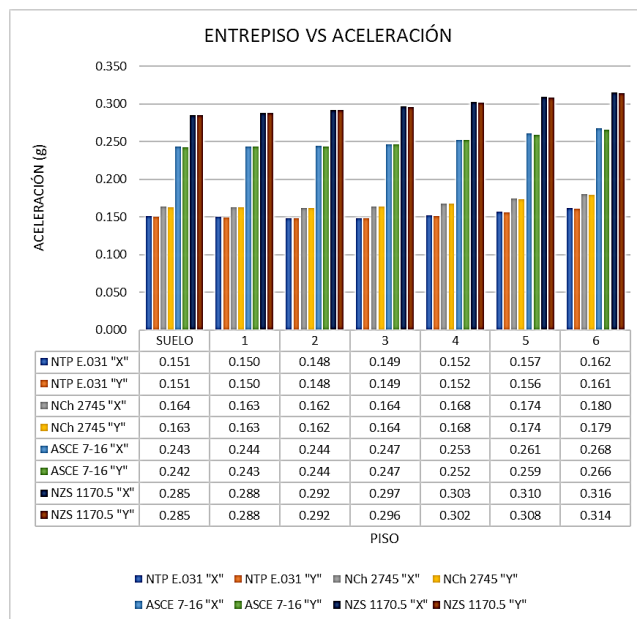


Gráfica 2: Derivas en dirección X y Y

Descripción: las derivas entrepiso respecto a cada norma analizada

D. Las aceleraciones entrepiso de un edificio de 6 pisos

Las aceleraciones de entrepiso que tiene un edificio de 6 pisos de concreto armado, se pueden observar en la gráfica 3, que en los primeros pisos las aceleraciones son menores que los pisos superiores. Según el análisis con las diferentes normas NTP E.031, NCh 2745, ASCE 7-16 y NZS 1170.5 es 0.162g, 0.180g, 0.268g y 0.316g, respectivamente. Se recomienda que los valores sean menores a 0.35g.



Gráfica 3: Aceleración en dirección X y Y

Descripción: las aceleraciones de cada piso del edificio con respecto de cada norma analizada

IV. CONCLUSIONES

Según la guía internacional en el diseño de los aisladores como se mencionó anteriormente en los puntos B, C y D; los resultados obtenidos del diseño son menores a los parámetros que cada norma impone (desplazamiento, derivas y aceleraciones). Por ello, los parámetros de diseño de aisladores sísmicos impuestos en la guía sirven de referencia para cumplir con los criterios de las normas. Cabe recalcar que los parámetros de diseño de aisladores sísmicos propuestos en esta investigación han sido a base a normas internacionales analizadas. También se relacionó las derivas de la norma ASCE 7-16 con las demás normas, ya que presenta las mayores derivas, de esto resultó que las relaciones son 40%, 57% y 97% de las normas NCh 2745, NTP E.031 y NZS 1170.5, respectivamente; esto es ocasionado por la aceleración que transmite el suelo a la estructura generando un desplazamiento entrepiso, es decir depende del espectro sísmico de cada norma. Por eso, esta guía es adecuada para obtener el diseño de un aislador en base a parámetros que se pueden extraer de un espectro sísmico del lugar de procedencia, de un metrado de cargas y del periodo base de una estructura con base empotrada.

Se observó los desplazamiento y derivas entre normas y no presentan una similitud, pero esto no evita que cumpla con lo necesario, ya que la guía se adecua a los parámetros que contiene cada norma. Por ello, se ha corroborado que el análisis realizado con cada norma cumpla con los parámetros establecidos en dicha norma y con los de la guía. Es decir, que el diseño de los aisladores con la guía cumple con los parámetros de cada norma (desplazamiento, derivas y aceleraciones).

Para investigaciones futuras se puede incluir a los análisis la norma Europea y Japonesa para poder extraer

parámetros de diseño de aisladores sísmicos que puedan beneficiar a la guía internacional de diseño del aislador. Además, poder validar con otro tipo de edificaciones y poder corroborar que la guía no tendría restricciones para ciertas edificaciones.

V. REFERENCIAS

- [1] J. E. Stuardi and J. C. Massa, "EN RESORTES HELICOIDALES Y AMORTIGUADORES VISCOSOS COMPARADA CON AISLADORES TRADICIONALES GOMA - METAL," vol. XXIV, pp. 743–764, 2005.
- [2] J. A. Oviedo and M. del P. Duque, "Disipadores Histeréticos Metálicos como Sistemas De Control De Respuesta Sísmica En Edificaciones," *Rev. EIA*, no. 11, pp. 51–63, 2009, [Online]. Available: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=45266819&lang=es&site=ehost-live>.
- [3] M. Lafuente and C. Genatios, "Aisladores sísmicos ¿Una innovación en la ingeniería sismorresistente?" 2016.
- [4] I. Type, D. Pulcinelli, and S. Kevin, "de Lima Metropolitana y Callao mediante observaciones de campo y análisis de escenarios importantes," 2020.
- [5] D. Whittaker and W. Parker, "Guideline for the Design of Seismic Isolation Systems for Buildings," no. June, 2017.
- [6] M. D. Loads and O. Structures, *Universality*, vol. 1877. 2007.
- [7] M. Celebi, "Design of Seismic Isolated Structures: From Theory to Practice," *Earthq. Spectra*, vol. 16, no. 3, pp. 709–710, 2000, doi: 10.1193/1.1586135.
- [8] "DS 030-2019-VIVIENDA."
- [9] Fema, "FEMA P-751: 2009 NEHRP Recommended Seismic Provisions: Design Examples," no. September, 2012.
- [10] J. M. Kelly and H.-C. Tsai, "Seismic response of light subsystems on inelastite structures," *Earthq. Eng. Struct. Dyn.*, vol. 13, pp. 711–732, 1985.
- [11] Norma Técnica E.030, "Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E.030 Diseño Sismorresistente," *El Peruano*. p. 80, 2018.
- [12] J. A. Arriaga Rosas, "Aislación sísmica de un edificio de oficinas de siete pisos . (Análisis comparativo de comportamiento y costos con un edificio tradicional)," p. 21, 2005.
- [13] T. Y. Yang, D. Konstantinidis, and J. M. Kelly, "The influence of isolator hysteresis on equipment performance in seismic isolated buildings," *Earthq. Spectra*, vol. 26, no. 1, pp. 275–293, 2010, doi: 10.1193/1.3276901.
- [14] NCh 2313/22. Of. 2013.
- [15] American Society of Civil Engineers, ASCE STANDARD ASCE/SEI 7-16 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, no. 7 98. 2016.
- [16] N. Z. Standard, *Nzs 1170.5:2004*, no. 1. 1994.