

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Demandas de rigidez en edificaciones educativas peruanas de
concreto armado acorde a la sismicidad reglamentaria de Perú y
Chile**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Bradyan Sergio Ramos Mamani

Asesor:

Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia

Juliaca, julio de 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Henry Antonio Aguilar Chuquimia, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“DEMANDAS DE RIGIDEZ EN EDIFICACIONES EDUCATIVAS PERUANAS DE CONCRETO ARMADO ACORDE A LA SISMICIDAD REGLAMENTARIA DE PERÚ Y CHILE”** del autor **Bradyan Sergio Ramos Mamani**, tiene un índice de similitud de **18%** verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 27 días del mes de Julio del año 2023.



Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 04 día(s) del mes de Julio del año 2023 siendo las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Merson Duberly Pari Lusi Mamani, el (la) secretario(a): Mg. Efraín Velásquez y los demás miembros: Dr. Leonel Suaraca Relince y el (la) asesor(a) Mg. Henry Antonio

Aguilar Chuguimica con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Demanda de rigidez en edificaciones educativas peruanas de concreto armado acorde a la sismicidad reglamentaria de Perú y Chile del(los) bachiller/es: a) Bradyan Sergio Ramos Mamani

b)
c)

..... conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Bradyan Sergio Ramos Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

Bachiller (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor/a
[Firma]
 Bachiller (a)
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Secretario/a
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)
[Firma]
 Bachiller (c)

DEDICATORIA

Con profundo amor y gratitud, dedico este logro a mis padres Sergio Ramos Torres y Norma Mamani Condori, quienes han sido mi fuente inquebrantable de apoyo, inspiración y aliento a lo largo de este emocionante viaje académico. Su amor incondicional y su constante guía han sido mi luz en los momentos de desafío y mi motivación en los momentos de triunfo. Cada paso que he dado en este camino ha sido impulsado por su sacrificio y confianza en mí.

AGRADECIMIENTOS

"En la culminación de este arduo viaje académico, deseo expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proceso. Sus comentarios y sugerencias han sido invaluable para dar forma y mejorar este trabajo.

Agradezco profundamente a mis profesores y mentores, cuyos conocimientos compartidos y consejos han sido una fuente constante de inspiración. Sus enseñanzas han sido el cimiento sobre el cual construí este trabajo.

A mis seres queridos y familia, en especial a mis padres Sergio Ramos Torres y Norma Mamani Condori, cuyo amor incondicional, sacrificio y constante aliento me han llevado a este punto. Ustedes han sido mi mayor motivación y soporte en cada paso de este viaje.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
Resumen	10
Abstract	11
1 INTRODUCCIÓN	12
2 METODOLOGIA	13
2.1 Edificación de Concreto Armado:	13
2.1.2 Configuración estructural.	13
2.2 Modelo alternativo de Albañilería:	14
2.2.1 Arquitectura de la edificación:	14
2.2.2 Configuración estructural.	14
2.3 Modificación de la rigidez:	15
2.4 Análisis Sísmico:	15
2.4.1 Propiedades, cargas y peso sísmico.	15
2.4.2 Zonificación y perfil de suelo.	15
2.4.3 Factor de modificación de respuesta sísmica	16
2.4.4 Espectros según normas sísmicas.	17
2.4.5 Derivas de las normas sísmicas estudiadas	17
3 Resultados	18
3.1 Resultados de la edificación de concreto armado y modelo alternativo de albañilería:	18
3.1.1 Cortante:	18
3.1.2 Derivas Elásticas máximas vs demanda:	20
3.3 Propuestas para la modificación de la rigidez:	22
3.3.1 Secciones propuestas:	22
3.3.2 Resultados con modificación de la rigidez (Modelo alternativo de albañilería):	23
4 Discusión	26
5 Conclusión	27
6 Referencias Bibliográficas	28
7 Anexos	30

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Medidas de los elementos estructurales. _____	14
Tabla 2 Secciones de columnas _____	14
Tabla 3 Propiedades mecánicas de materiales. _____	15
Tabla 4 Comparación para tratamiento de resultados conforme perfiles de suelo. ____	16
Tabla 5 Sistema estructural de la Norma Peruana y Chilena _____	16
Tabla 6 Seudo-aceleración espectral normativa para la edificación de estudio _____	17
Tabla 7 Derivas Elásticas comparables. _____	18
Tabla 8 Propuesta de aumento de rigidez de columnas seleccionadas. Pabellón 3____	22
Tabla 9 Propuesta de aumento de rigidez de columnas seleccionadas. Pabellón 4____	23

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Planta representativa del pabellón 3 (izquierda) y del pabellón 4 (derecha).	13
Figura 2 Comparación para tratamiento de resultados conforme zonificación sísmica.	15
Figura 3 Cortante en dirección de los muros.	18
Figura 4 Cortante en dirección de los pórticos.	19
Figura 5 Cortante en dirección de los muros	19
Figura 6 Cortante en dirección de los pórticos.	19
Figura 7 Derivas elásticas en dirección de los muros	20
Figura 8 Derivas elásticas en dirección de los pórticos	20
Figura 9 Derivas elásticas en dirección de los pórticos	21
Figura 10 Derivas elásticas en dirección de los muros	21
Figura 11 Cortante pabellón 3	23
Figura 12 Cortante pabellón 4	24
Figura 13 Derivas elásticas del pabellón 3	24
Figura 14 Derivas elásticas del pabellón 3	25
Figura 15 Derivas elásticas del pabellón 4	25
Figura 16 Derivas elásticas del pabellón 4	26

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Evidencias de sumisión del artículo en una revista de prestigio _____	30
ANEXO B: Copia de la resolución de inscripción de perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente _____	31

DEMANDAS DE RIGIDEZ EN EDIFICACIONES EDUCATIVAS PERUANAS DE CONCRETO ARMADO ACORDE A LA SISMICIDAD REGLAMENTARIA DE PERÚ Y CHILE

Bradyan Sergio Ramos Mamani ¹ Henry Antonio Aguilar Chuquimia ²

^a *EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión*

Resumen

El presente trabajo compara la respuesta sísmica, tomando como base dos pabellones de tres niveles de carácter educativo construido en año 2019, para la zona selvática de Perú (Zona 1), considerando un suelo de características intermedias ($V_s=180$ m/s a 500 m/s), aplicando las normas sísmicas de Perú (E.030,2018), y de Chile (Nch433,2012). La distribución arquitectónica se consideró como base de referencia para planteamientos estructurales que cumplan con las limitantes de las normas estudiadas, considerando cada tipo de zona y tipo de suelo comparables, por lo que surgieron propuestas estructurales aumentando la rigidez para las componentes verticales (Columnas), la estructura se considera como regular, modelado en Etabs v.19. El tratamiento de los resultados fue en base a las derivas en el rango elástico. A partir de la edificación de concreto armado construida, que presentaba una alta rigidez, se propuso un modelo alternativo de albañilería, logrando reducir la rigidez, hasta un 18.47 % para el pabellón 3, y 23.46 % para el pabellón 4, respecto de la edificación de concreto armado. Para la dirección de los pórticos, es requerido incluir dos muros de 1.60 m para el Pabellón 3, y 1.40 m para el Pabellón 4, para cumplir con las mayores demandas de cada normativa (Z4-S3 para Perú y Ao3-E para Chile).

Palabras clave: Rigidez, Demandas, Reforzamiento, Deriva Elástica. Colegios.

¹ Autor de correspondencia Tel.: +051 917694609
E-mail: sergioramosm.89@gmail.com

² Autor de correspondencia Tel.: +051 950773735
E-mail: henry.ac@upeu.edu.pe

DEMANDAS DE RIGIDEZ EN EDIFICACIONES EDUCATIVAS PERUANAS DE CONCRETO ARMADO ACORDE A LA SISMICIDAD REGLAMENTARIA DE PERÚ Y CHILE

Abstract

This article compares seismic response, taking as base two educational buildings with 3 floors built in 2019, for the jungle zone of Peru (Zone 1), considering an intermediate soil ($V_s=180$ m/s a 500 m/s),, applying the seismic standards of Peru (E.030,2018), and Chile (Nch433,2012). The architectural distribution was considered as the basis of reference for structural approaches that comply with the limitations of the standards studied, considering each zone and soil type comparable, structural proposals emerged increasing stiffness for the vertical components (columns), the structure is considered as regular, made in Etabs v.19. The results were based on the drifts in the elastic range. From the reinforced concrete building had a high stiffness, an alternative model of masonry was proposed, the stiffness was reduced to a 18.47% for building 3 and 23.46% for building 4. For the portico structural system, it is required to include two walls of 1.60 m for the building 3, and 1.40 m for the building 4, to comply with the highest limitations of the standards studied (Z4-S3 for Peru and Ao3-E for Chile).

Keywords: Stiffness, Comparison, Reinforcement, Elastic Drift. School.

1 INTRODUCCIÓN

La actividad sísmica en el Perú, como en Chile a lo largo de los años ha dejado grandes daños estructurales y la pérdida de vidas humanas (Matta, 2021), y concentra el ochenta y cinco por ciento de la actividad sísmica mundial (Vásquez & Centeno, 2019), debido al hecho de que Perú y Chile se encuentran en el círculo de fuego del Océano Pacífico, esto convierte estas zonas en un alto potencial sísmico, lo cual nos conlleva al estudio de sus normas sísmicas /E.030, Perú 2018) y (Nch433, Chile 2012).

A nivel nacional según (Castro, 2018) indicó que cerca de 27,400 escuelas serán demolidas ya que cumplieron su vida útil y daño en que se encuentran, ya que esto representa su elevado peligro (Benites y Delgado, 2021).

Según un artículo publicado, en el diario Gestión, por Priale (2020), de 21,000 colegios que debían demolerse hasta la fecha solo se anunció intervención en 826 colegios, lo cual ponía en riesgo a más de 900,000 estudiantes de colegios públicos. La cantidad de instituciones que requerían atención inmediata de su infraestructura era demasiado elevada en comparación del número considerado para intervención, razón por la cual la vida de muchos estudiantes y docentes estaba expuesta ante fallos o colapso estructural (Idrogo, 2021).

El primer censo de la infraestructura educativa (CIE, 2014), pone en evidencia que gran parte de los locales educativos no cuenta con condiciones básicas en cuanto a sismorresistencia. hacen falta 414179 m² de ampliación de áreas techadas para atender a los estudiantes de PRONOEI que pasarían a IEI, se requieren 2.9 millones de m² de ampliación para que las primarias multigrado cumplan con las especificaciones normativas mínimas de área techada y 2.2 millones de m² para ampliar el modelo JEC.

De acuerdo al Plan Nacional de Infraestructura Educativa al 2025, para albergar la demanda de nuevos estudiantes, hacen falta 1 982 934 m², y 401 657 763 m² de área techada nueva para inicial y secundaria rural respectivamente. Además, el 41% de las edificaciones tiene alto riesgo de colapso, un 37% un alto potencial de daño, un 17% de muy alto riesgo de colapso, y solo un 5% tiene un buen desempeño sísmico.

Por lo cual resulta relevante que los colegios estatales y privados sean sometidos a una evaluación estructural, ya que dentro del RNE E030, 2018 – Capítulo 3, se considera a las instituciones educativas, edificaciones esenciales dentro de la categoría A2 cuyo funcionamiento no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo severo, ciertas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre (E 030, 2018, p.18). Si se contara con estas evaluaciones y estudios previos para cada institución de nuestro país, se podría tomar medidas correctivas frente al diagnóstico que se obtenga.

Por ello la intención de definir la respuesta estructural de los Pabellones 3 y 4 de la Institución Educativa Guillermo Billinghurst, y con estos resultados proponer un posible reforzamiento para el cumplimiento de las limitantes de la Normativa Peruana en comparación con la normativa de Chile, para cada tipo de zona y tipo de suelo comparables.

2 METODOLOGIA

Se tomó como referencia dos pabellones construidos de la institución educativa Guillermo Billinghurst, cuyo modelamiento estructural se realizó mediante la utilización del software Etabs v 19, para visualizar el comportamiento sísmico de la estructura.

2.1 Edificación de Concreto Armado:

Dado el comportamiento regional de los sismos en Perú y Chile, resulta relevante estimar las demandas de rigidez según exigencias de Perú y Chile, para todas sus latitudes y tipología de suelo establecidos en sus normas sísmicas, en un centro educativo.

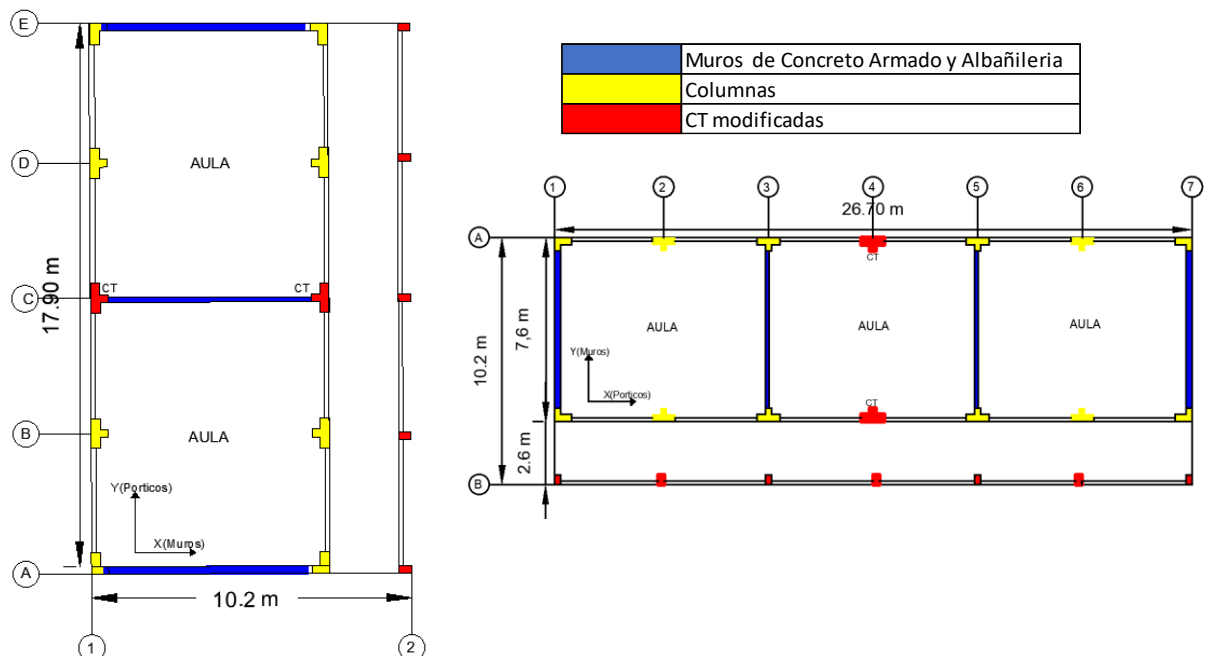
Para la estimación de las demandas de rigidez en la edificación educativa, se ha considerado como caso representativo a 2 pabellones, 03 niveles de entrepiso con 3.60 m de altura, con sistema estructural pórticos y muros estructurales, de 232 m² (Pabellón 3) y de 322 m² (Pabellón 4) de área construida, proyectada acorde a E030, 2018. El modelo de la estructura de la edificación fue procesado en el software Etabs v 19, empleando un análisis modal espectral para la estimación de la respuesta sísmica

2.1.1 Arquitectura de la edificación.

La distribución arquitectónica se obtuvo a partir de la revisión de proyectos de dos pabellones de la Institución Educativa Guillermo Billinghurst ubicado en Puerto Maldonado – Tambopata – Madre De Dios, cuyo análisis de la respuesta sísmica se consideró para cada tipo de zona y para cada tipo de suelo.

Figura 1

Planta representativa del pabellón 3 (izquierda) y del pabellón 4 (derecha).



2.1.2 Configuración estructural.

Los distintos elementos estructurales (columnas, vigas, losas, muros estructurales) del proyecto, cuyas dimensiones están previstas en los planos arquitectónicos, se presenta en la Tabla 1:

Tabla 1*Medidas de los elementos estructurales.*

Columnas	0.25 x 0.40 m ² , 0.30 x 0.40 m ² , columna tipo L y columna tipo T
Vigas	25 x 60 m ² , 30 x 60 m ²
Losas	0.20 m
Muros (Placas)	0.25 m

Fuente: Expediente Técnico

Tabla 2*Secciones de columnas*

Columna L (CL)	Columna T (CT)	Columna rectangular (CR)
<p>As = 12Ø5/8" + 4Ø1/2"</p>	<p>As = 5Ø1" + 2Ø3/4" + 10Ø5/8"</p>	<p>As = 4Ø3/4"</p> <p>Und= metros</p>

2.2 Modelo alternativo de Albañilería:

Debido al sobredimensionamiento y la rigidez elevada por la presencia de dos muros de concreto armado de 7.70 metros, se propuso la modificación para los dos pabellones, cambiando los muros estructurales de concreto armado a muros albañilería. Alternativa basada en la práctica constructiva peruana.

2.2.1 Arquitectura de la edificación:

Se cambio los muros de concreto armado por muros de albañilería de 0.13 m de espesor, que se muestra en la Figura 1, para reducir la rigidez. Los locales educativos deben proyectarse empleando sistemas estructurales indicados en la Norma E.030 del RNE, conforme a lo establecido en el "Capítulo 3: Categoría, Sistema Estructural y Regularidad de las Edificaciones" (Criterios Generales de Diseño para Infraestructura Educativa, p. 37)

2.2.2 Configuración estructural.

Para el modelo alternativo de albañilería los elementos estructurales (columnas, vigas, losas, muros de albañilería), se presenta en la Tabla 1 y 2.

2.3 Modificación de la rigidez:

Realizado el modelo alternativo de albañilería, se propuso distintos tipos de secciones aumentando la rigidez, para el cumplimiento de las distorsiones asociadas a los desplazamientos de entre piso para cada zona y tipo de suelo comparable estudiado, considerando los elementos estructurales de la Tabla 1 y 2. Por lo que a efecto de modificar la arquitectura se ha seleccionado las columnas (CT), presentadas en el Grafico 1,

2.4 Análisis Sísmico:

2.4.1 Propiedades, cargas y peso sísmico.

Las propiedades de los materiales utilizados fueron considerados acorde al sitio en que fue construido, mostradas en la Tabla 3. Las cargas fueron establecidas conforme a la norma peruana de cargas E.020, 2006) y el peso sísmico fue considerado de acuerdo a lo estipulado en las normas sísmicas estudiadas, un 100% de la carga muerta más un 50% de la carga viva (incluyendo carga viva de techo inclinado).

Tabla 3

Propiedades mecánicas de materiales.

Resistencia a la compresión $f'c$ (de ensayos)	225.65 Kg/cm ²
Peso volumétrico (de ensayos)	2281.64 Kg/m ³
Módulo de elasticidad $E'c$	222649 kg/cm ²
Módulo de poisson	0.15

FUENTE: Propiedades consideradas representativas de la zona del proyecto /selva (Uñapilco, 2021)

2.4.2 Zonificación y perfil de suelo.

Para tratar los resultados de las normativas sísmicas se compatibilizo las diferentes zonas sísmicas y diferentes perfiles de suelo de cada país, empleando como parámetro de comparación para el tipo de zona, que los valores se asemejen, y para el tipo de suelo la velocidad de onda de corte establecidos en cada norma sísmica. Presente en la figura 4 y tabla 4.

Figura 2

Comparación para tratamiento de resultados conforme zonificación sísmica.

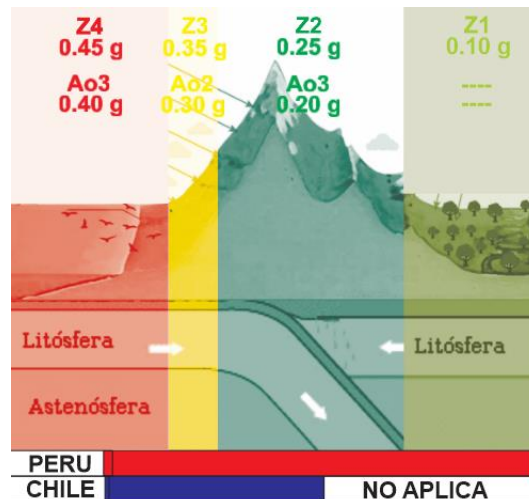


Tabla 4

Comparación para tratamiento de resultados conforme perfiles de suelo.

Perú			Chile		
Perfil	Descripción	\bar{V}_s Perú	Tipo	Descripción	\bar{V}_s Chile
So	Roca dura	> 1500 m/s	A	Roca, suelo cementado	≥ 900
S1	Roca o suelos rígidos	500 m/s a 1500 m/s	B	Roca blanda o fracturada	≥ 500
S2	Suelos intermedios	180 m/s a 500 m/s	C	Suelo denso o firme	≥ 350
			D	Suelo medianamente denso, o firme	≥ 180
S3	Suelos blandos	< 180 m/s	E	Suelo de compacidad, o consistencia mediana	< 180
S4	Condiciones excepcionales	Clasificación basada en EMS	F	Suelos especiales	*

2.4.3 Factor de modificación de respuesta sísmica

Este factor refleja las características de absorción y disipación de energía de la estructura resistente, así como la experiencia sobre el comportamiento sísmico de los diferentes tipos de estructuraciones y materiales empleados. Presente en la Tabla 5.

Tabla 5

Sistema estructural de la Norma Peruana y Chilena

Perú (E 030, 2018)		Chile (Nch433, 2012)	
Sistema Estructural	Ro	Sistema	Material estructural
			Ro

estructural				
Concreto Armado:		Pórticos	Hormigón armado	11
Pórticos	8	Muros y sistemas	Hormigón armado	11
Dual	7	arriostrados	Hormigón armado y albañilería confinada	
De muros estructurales	6		Si se cumple el criterio A*	9
Muros de ductilidad limitada	4		Si no se cumple el criterio A*	4

*Criterio A: los muros de hormigón armado deben tomar en cada piso, el 50% del esfuerzo de corte del piso, como mínimo.

2.4.4 Espectros según normas sísmicas.

Para la comparación se utilizó las diferentes disposiciones con respecto a la aceleración espectral para las diferentes zonas sísmicas y diferentes tipos de suelo, incluyendo parámetros de importancia, zonificación sísmica, factor tipo de suelo, factor de amplificación dinámica y factor de reducción sísmica, según la Tabla 6.

Tabla 6

Seudo-aceleración espectral normativa para la edificación de estudio

	PERU (E030, 2018)	CHILE Nch433, 2012)
	$S_a = \frac{ZUCS}{R} g$	$S_a = \frac{S A_0 \alpha}{\left(\frac{R^*}{T}\right)}$
Aceleración espectral		
Factor de reducción sísmica	$R_0 = \begin{matrix} \text{Muros} = 6 \\ \text{Pórticos} = 8 \\ \text{Dual} = 7 \\ \text{Albañilería} = 3 \end{matrix}$	$R^* = 1 + \frac{T^*}{0.10 T_0 + \frac{T^*}{R_0}}$
Factor de amplificación n sísmica	$\begin{matrix} T < T_p & C = 2.5 \\ T_p < T < T_L & C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T}\right) \\ T > T_L & C = 2.5 \frac{T_p \cdot T_L}{T^2} \end{matrix}$	$\alpha = \frac{1 + 4.5 * \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^p}{1 + * \left(\frac{T_n}{T_0}\right)^3}$

2.4.5 Derivas de las normas sísmicas estudiadas

Para el tratamiento de los resultados se ha considerado las derivas elásticas compatibilizadas según la Tabla 7.

Tabla 7

Derivas Elásticas comparables.

	Perú (E030, 2018)	Chile (Nch433, 2012)
Límite	0.007	0.002
normativo	E.030/Tabla 11	Nch433/Art. 5.9
	$\Delta_i = \delta_e \left(\frac{0.75R}{0.85R} \right)$ vs 0.007h	$\Delta_{e_{cm}} = \delta_{e_{cm}}$ vs 0.002h $\Delta_e = \delta_e$ vs 0.002h+0.001h
Derivas Elásticas Comparables	$\left(\frac{\delta_e}{h_i} \right) = \frac{0.007}{0.75R} = 0.00156$ (Muros) $\left(\frac{\delta_e}{h_i} \right) = \frac{0.007}{0.75R} = 0.00117$ (Porticos) $\left(\frac{\delta_e}{h_i} \right) = \frac{0.007}{0.75R} = 0.00133$ (Dual) $\left(\frac{\delta_e}{h_i} \right) = \frac{0.005}{0.75R} = 0.00222$ (Albañilería)	$\Delta_{E_{cm}} = \left(\frac{\delta_e}{h_i} \right)_{cm} = 0.002$ $\Delta_{E_{max}} = \left(\frac{\delta_e}{h_i} \right)_{cm} + 0.001 = 0.003$

Fuente: Adaptado de Alvarado y Aguilar (2021, p. 10)

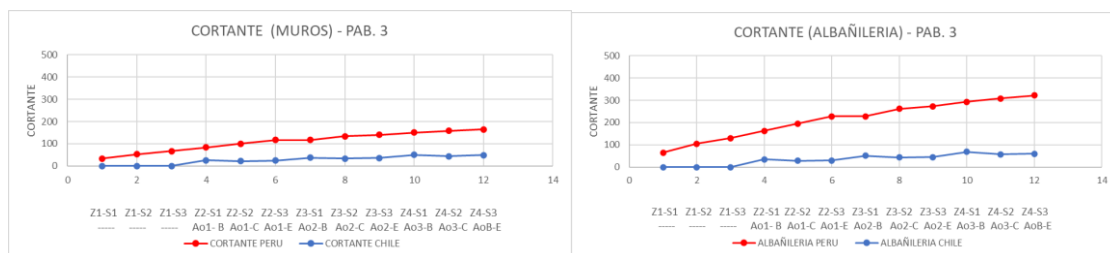
3 Resultados

3.1 Resultados de la edificación de concreto armado y modelo alternativo de albañilería:

3.1.1 Cortante:

Figura 3

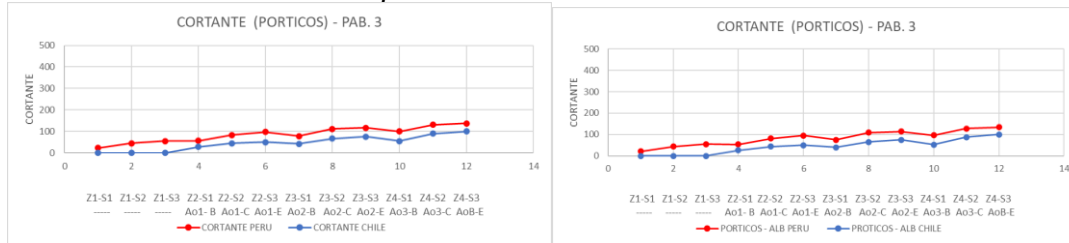
Cortante en dirección de los muros.



Para la edificación de concreto armado, la cortante de Chile representa el 27.48%, respecto de la norma peruana. Y para el modelo alternativo representa un 18.34%, respecto de la norma peruana.

Con el modelo alternativo de albañilería, la cortante aumentó en un 195.04 % para Perú, y 129 % para Chile

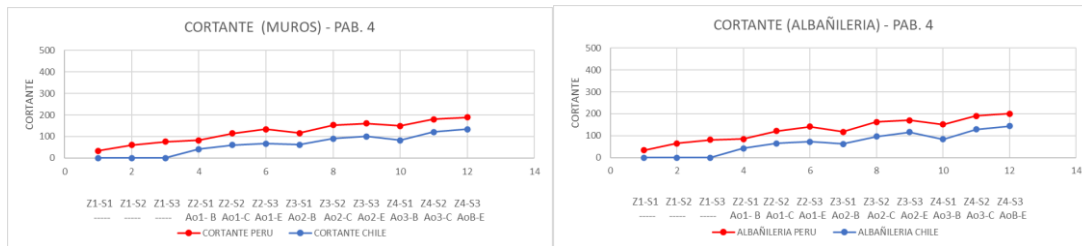
Figura 4
Cortante en dirección de los pórticos.



Para la edificación de concreto armado, la cortante de Chile representa el 58.72%, respecto de la norma peruana. Y para el modelo alternativo representa un 58.89%, respecto de la norma peruana.

Con el modelo alternativo de albañilería, la cortante disminuyó en un 97.14 % para Perú, y 97.40% para Chile. Esto indica que el escaso aporte de los muros en su dirección perpendicular a su plano tanto para concreto armado y albañilería.

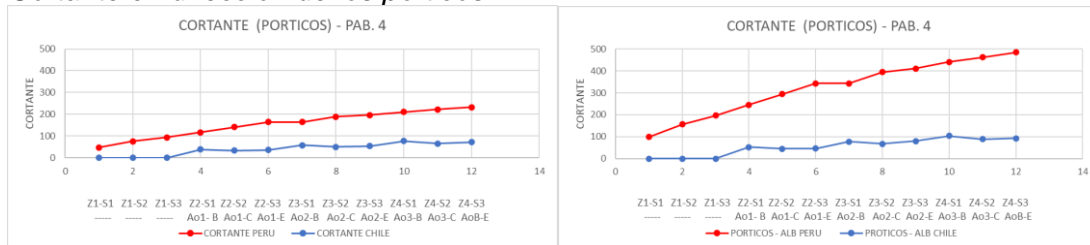
Figura 5
Cortante en dirección de los muros



Para la edificación de concreto armado, la cortante de Chile representa el 57.68%, respecto de la norma peruana. Y para el modelo alternativo representa un 58.79%, respecto de la norma peruana.

Con el modelo alternativo de albañilería, la cortante aumentó en un 104.29 % para Perú, y 106.20% para Chile. Esto indica un escaso aporte de los muros en su dirección perpendicular a su plano tanto para concreto armado y albañilería.

Figura 6
Cortante en dirección de los pórticos.



Para la edificación de concreto armado, la cortante de Chile representa el 29.18%, respecto de la norma peruana. Y para el modelo alternativo representa un 18.91%, respecto de la norma peruana.

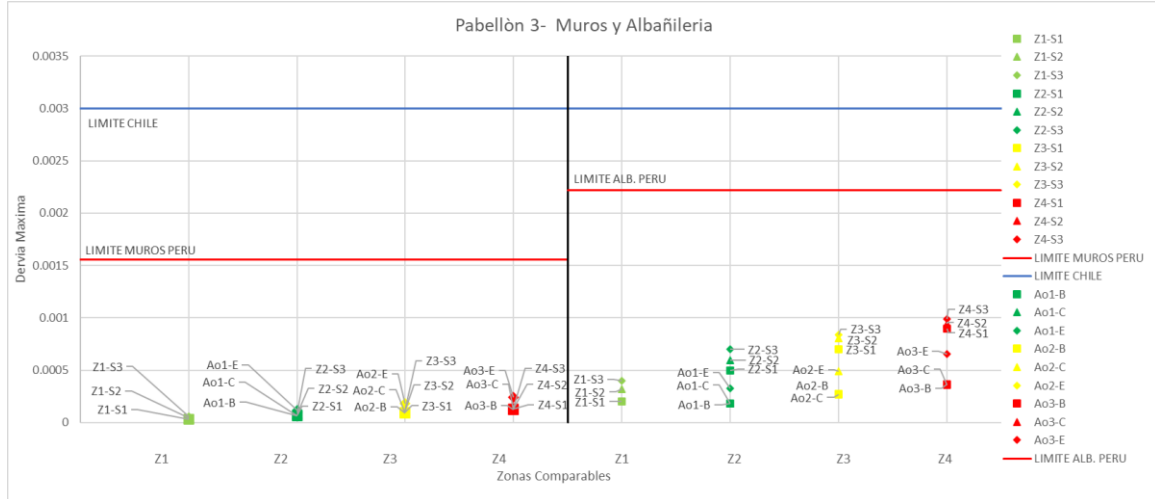
Con el modelo alternativo de albañilería, la cortante aumentó en un 209.21% para Perú, y 135.62% para Chile

3.1.2 Derivas Elásticas máximas vs demanda:

Los siguientes gráficos muestran las derivas elásticas para todas las zonas y tipos de suelos comparables, del lado izquierdo la edificación de concreto armado, y del lado derecho la alternativa de albañilería.

Figura 7

Derivas elásticas en dirección de los muros



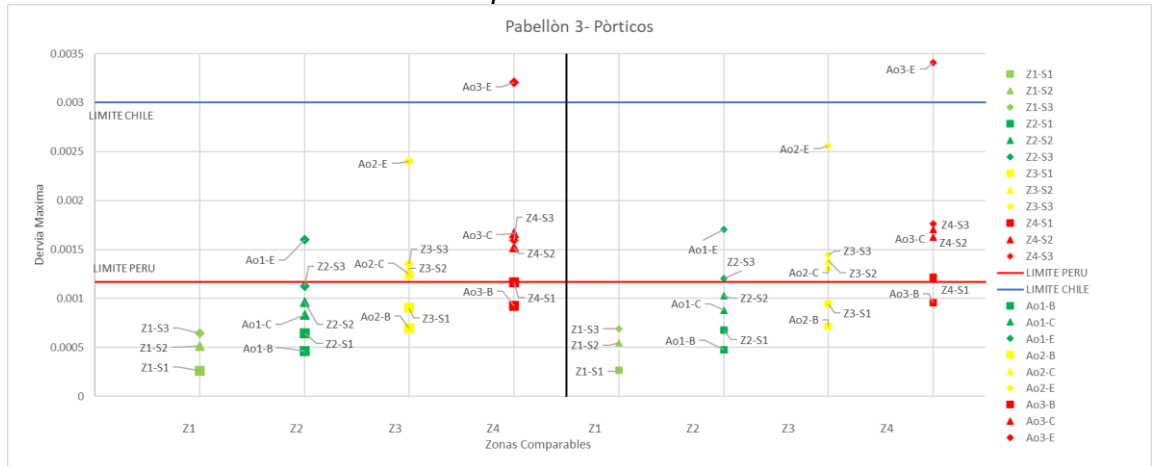
Las derivas elásticas máximas comparables para la edificación de concreto armado representa entre 1.80% y 8.94% de la limitante peruana (0.00156). Para el caso chileno esta entre 2.03% y 7.93% de la limitante chilena (0.003).

Para la alternativa de albañilería representa entre 8.98% y 44.92% de la limitante peruana (0.00156). Para el caso chileno esta entre 6.13% y 21.87% de la limitante chilena (0.003).

Esto indica que, con el modelo alternativo de albañilería, las derivas elásticas aumentaron en un 710.22% para Perú, y 289.30% para Chile.

Figura 8

Derivas elásticas en dirección de los pórticos

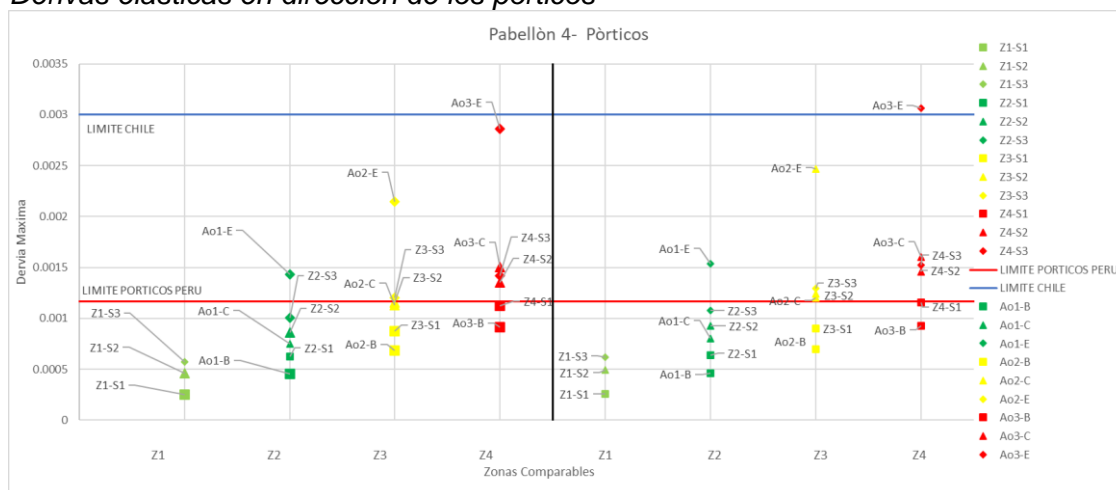


Las derivas elásticas máximas comparables para la edificación de concreto armado representa entre 22.23% y 136.70% de la limitante peruana (0.00117). Para el caso chileno esta entre 15.47% y 106.83% de la limitante chilena (0.003).

Para la alternativa de albañilería representa entre 23.16% y 145.97% de la limitante peruana (0.00117). Para el caso chileno esta entre 45.90% y 113.70% de la limitante chilena /0.003).

Esto indica que, con el modelo alternativo de albañilería, las derivas elásticas aumentaron en un 105.92% para Perú, y 104.97% para Chile. Debido al escaso aporte de los muros en su dirección perpendicular a su plano tanto para concreto armado y albañilería.

Figura 9
Derivas elásticas en dirección de los pórticos

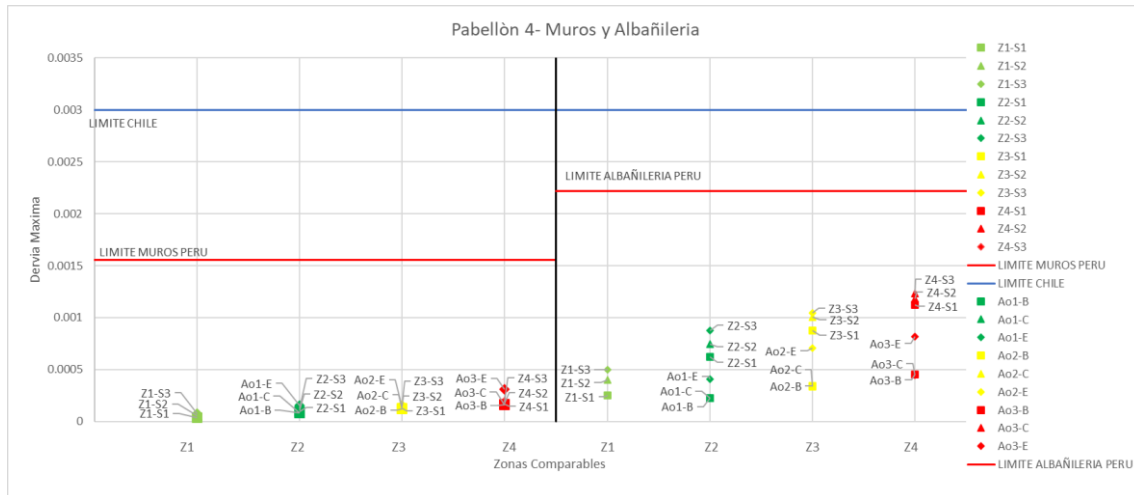


Las derivas elásticas máximas comparables para la edificación de concreto armado representa entre 21.31% y 121.25% de la limitante peruana (0.00117). Para el caso chileno esta entre 15.17% y 95.43% de la limitante chilena /0.003).

Para la alternativa de albañilería representa entre 21.99% y 130.64% de la limitante peruana (0.00117). Para el caso chileno esta entre 15.43% y 102.23% de la limitante chilena /0.003).

Esto indica que, con el modelo alternativo de albañilería, las derivas elásticas aumentaron en un 105.91% para Perú, y 105.96% para Chile. Debido al escaso aporte de los muros en su dirección perpendicular a su plano tanto para concreto armado y albañilería.

Figura 10
Derivas elásticas en dirección de los muros



Las derivas elásticas máximas comparables para la edificación de concreto armado representa entre 2.38% y 11.79% de la limitante peruana (0.00156). Para el caso chileno esta entre 2.67% y 10.27% de la limitante chilena /0.003).

Para la alternativa de albañilería representa entre 11.22% y 55.56% de la limitante peruana (0.00222). Para el caso chileno esta entre 7.43% y 10.27% de la limitante chilena /0.003).

Esto indica que, con el modelo alternativo de albañilería, las derivas elásticas aumentaron en un 673.53% para Perú, y 302.95% para Chile.

3.3 Propuestas para la modificación de la rigidez:

3.3.1 Secciones propuestas:

La propuesta de reforzamiento solo se requiere para la dirección de los pórticos en ambos pabellones, debido al escaso aporte de los muros en su dirección perpendicular a su plano, tanto para la edificación de concreto armado y el modelo de albañilería. Se aumento la rigidez en las columnas para cumplir con las limitantes normativas para todas las zonas y tipos de suelos comprables

Tabla 8

Propuesta de aumento de rigidez de columnas seleccionadas. Pabellón 3

Tipos	Secciones	Pabellón 3	
	CT	Rigidez X (%)	Rigidez Y (%)
R muros		403492 Tnf/m (100)	17007 Tnf/m (100)
R1		74510 Tnf/m (18.466)	15588 Tnf/m (91.656)

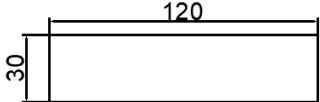
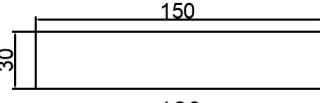
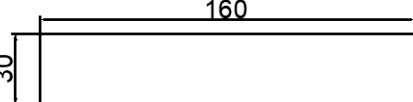
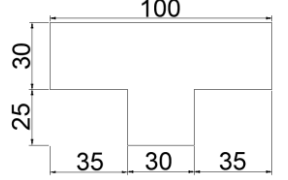
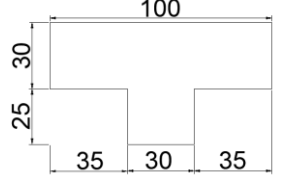
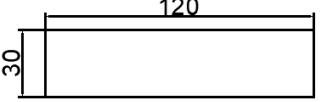
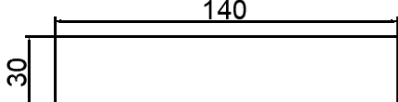
R2		75644 Tnf/m (18.748)	26178 Tnf/m (153.920)
R3		77279 Tnf/m (19.153)	32814 Tnf/ (192.938)
R4		77684 Tnf/m (19.253)	34897 Tnf/m (205.189)

Tabla 9

Propuesta de aumento de rigidez de columnas seleccionadas. Pabellón 4

Tipos	Secciones	Pabellón 4	
	CT	Rigidez X (%)	Rigidez Y (%)
R muros		26957 Tnf/m (100)	413406 Tnf/m (100)
R1		25802 Tnf/m (95.717)	96986 Tnf/m (23.460)
R2		38483 Tnf/m (142.755)	98925 Tnf/m (23.929)
R3		46589 Tnf/m (172.825)	100253 Tnf/m (24.251)

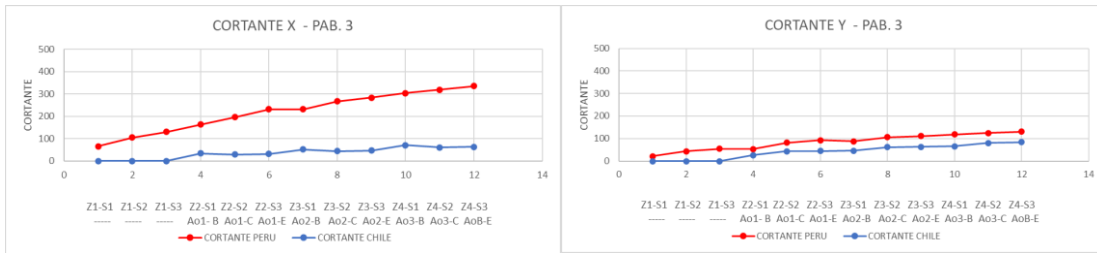
Con la propuesta de cambiar la columna a muros estructurales, el sistema estructural de pórticos, cambio a un sistema estructural dual.

3.3.2 Resultados con modificación de la rigidez (Modelo alternativo de albañilería):

3.3.2.1 Cortante:

Figura 11

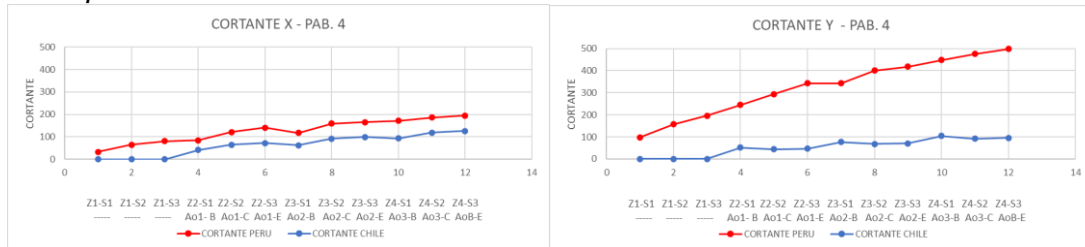
Cortante pabellón 3



Para el Pabellón 3 en dirección X, en promedio, la cortante de la norma sísmica de Chile representa el 18.38%, con respecto de la Norma Peruana, para cada tipo de zona y suelo comparables.

En dirección Y, en promedio, la cortante de la norma sísmica de Chile representa el 55.81%, con respecto de la Norma Peruana, para cada tipo de zona y suelo comparables.

Figura 12
Cortante pabellón 4

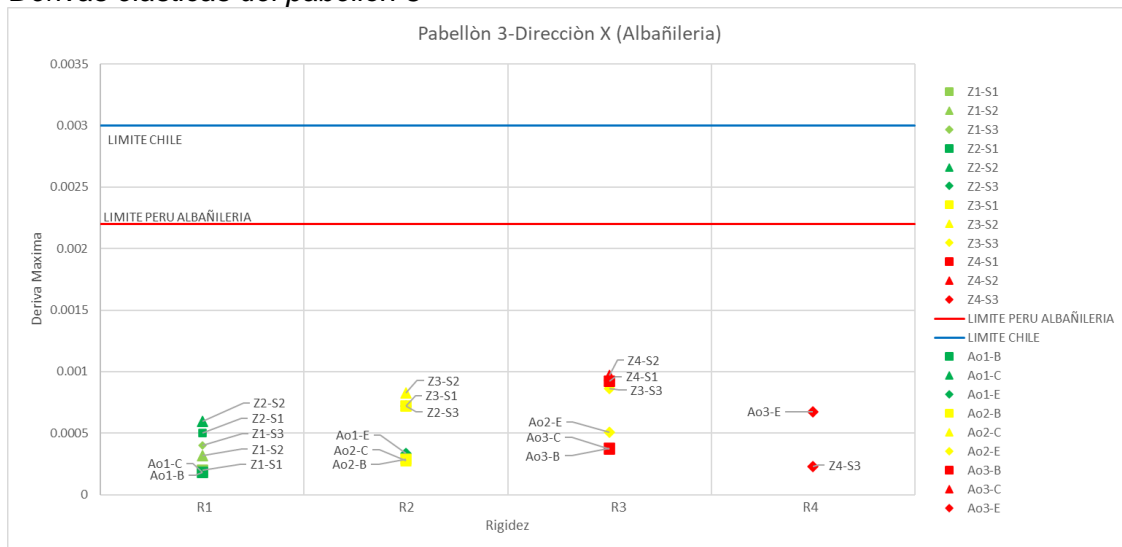


Para el Pabellón 4 en dirección X, en promedio, la cortante de la norma sísmica de Chile representa el 56.40%, con respecto de la Norma Peruana, para cada tipo de zona y suelo comparables.

En dirección Y, en promedio, la cortante de la norma sísmica de Chile representa el 18.65%, con respecto de la Norma Peruana, para cada tipo de zona y suelo comparables.

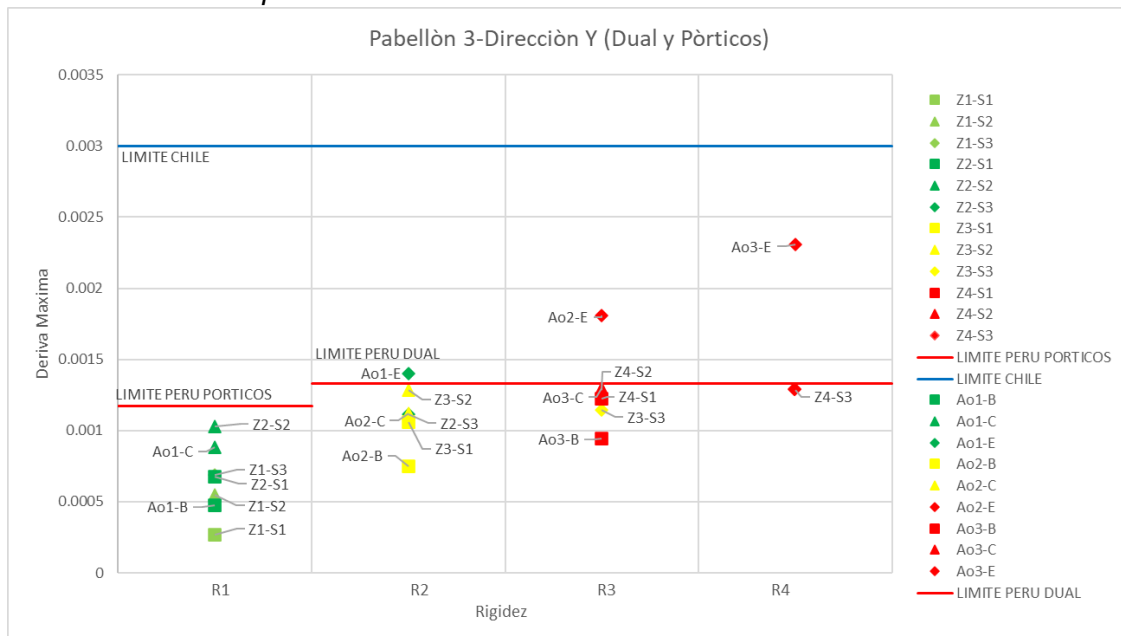
3.3.2.2 Derivas Elásticas máximas vs demanda:

Figura 13
Derivas elásticas del pabellón 3



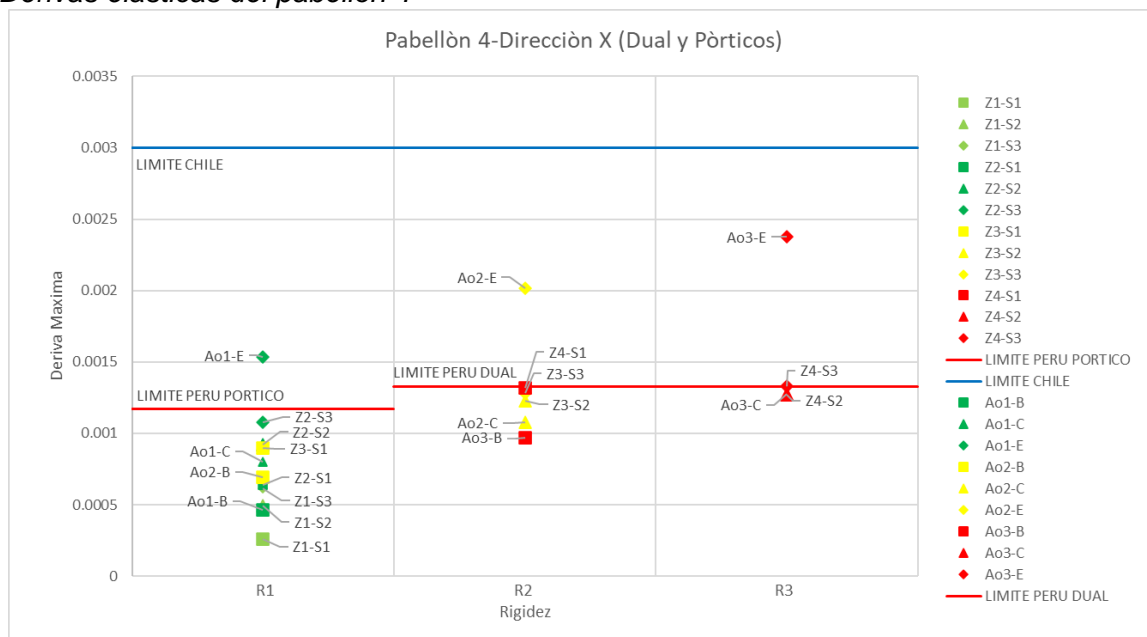
Con la modificación de la rigidez para el Pabellón 3, las nuevas derivas están entre 8.98% y 43.62% de la limitante de albañilería (0.00222), y para Chile entre 6.13% y 22.47% de la limitante de Chile (0.003).

Figura 14
Derivas elásticas del pabellón 3



Con la modificación de la rigidez para el Pabellón 3, las nuevas derivas están entre 23.16% y 90.97% de la limitante de pórticos (0.00117), para la limitante del sistema estructural dual (0.00133), esta entre 85.83% y 96.59%. Y para Chile entre 15.90% y 76.90% de la limitante de Chile (0.003)

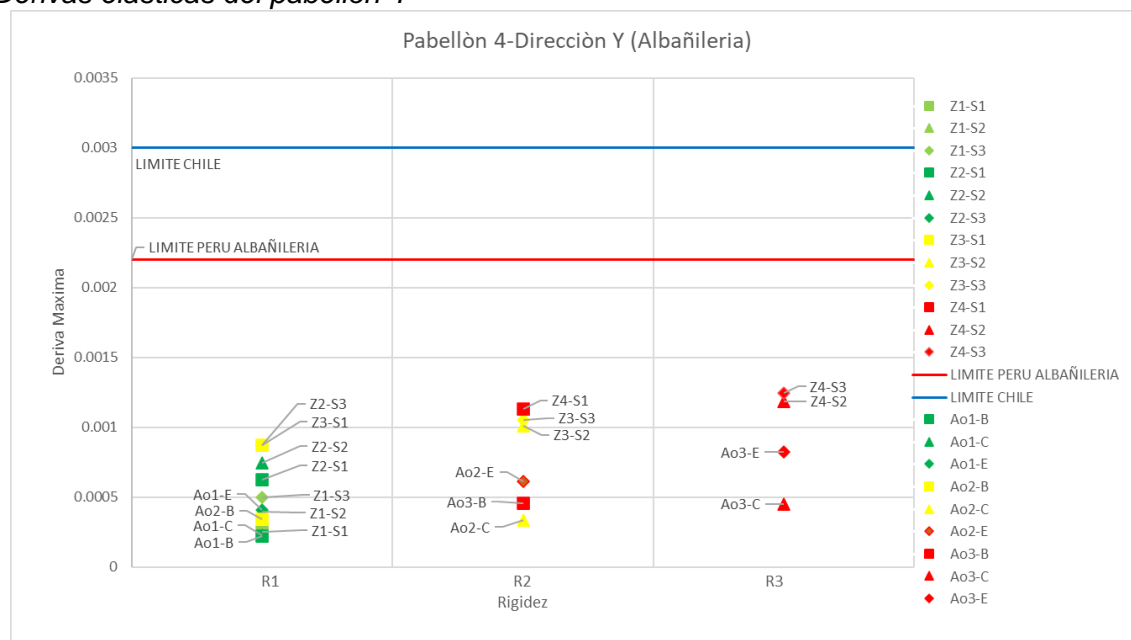
Figura 15
Derivas elásticas del pabellón 4



Con la modificación de la rigidez para el Pabellón 4, las nuevas derivas están entre 21.99% y 76.94% de la limitante de pórticos (0.00117), para la limitante del sistema estructural dual

(0.00133), esta entre 92.13% y 99.57%. Y para Chile entre 15.43% y 79.17% de la limitante de Chile (0.003).

Figura 16
Derivas elásticas del pabellón 4



Con la modificación de la rigidez para el Pabellón 4, las nuevas derivas están entre 11.22% y 55.92% de la limitante de albañilería (0.00222), y para Chile entre 7.43% y 27.40% de la limitante de Chile (0.003)

4 Discusión

Nuestra investigación tiene similitud con la tesis de (Blanco.,2005), ya que en su investigación “Las Estructuras de los Centros Educativos (Colegios) en el Siglo XX en el Perú Diversos Proyectos de Reforzamiento y Ejemplos de Estructuración de Edificaciones de la Universidad Católica del Perú.”. Para el proyecto de reforzamiento de cinco colegios se utilizó cuatro muros de concreto armado como refuerzo de 3.875 m de 15 cm de espesor, para una edificación de dos niveles. Para nuestra edificación se modificó las dimensiones de las columnas, agregando dos muros de concreto armado de 1.6 m de longitud, para las mayores demandas del pabellón 3, y 1.4 m de longitud para el pabellón 4.

Nuestra investigación tiene similitud con la tesis de (Yallico, J.,2017), ya que en su investigación “Análisis sísmico comparativo del pabellón A de secundaria, del colegio emblemático Santa Isabel, de la ciudad de Huancayo, región Junín 2017”. Menciona que la clasificación de los sistemas estructurales para ambos sentidos cambio a sistema dual al colocar placas de concreto armado, Mientras que en nuestra investigación también cambia el sistema estructural de pórticos a dual, para ambos pabellones estudiados.

Nuestra investigación tiene similitud con el artículo de (Idrogo, L.,2021), ya que consideran secciones diferentes del mismo material, como se ve en el caso de columnas, vigas y losas, con la finalidad de cubrir las demandas estructurales de manera no solo eficaz sino también eficientemente, lo mismo se realiza en nuestra investigación, cambiando dos columnas de

concreto armado a muros estructurales, para el cumplimiento de la normativa para las mayores demandas.

Nuestra investigación tiene similitud con el artículo de (Benites, D.,2021), ya que la propuesta estructural para el diseño se basa en el uso de pórticos de concreto armado y placas, acompañado de albañilería confinada para aportar una rigidez adecuada a la infraestructura. En nuestra investigación se propuso cambiar el sistema estructural de muros a albañilería, debido a la excesiva rigidez que aportaban los muros estructurales.

Nuestra investigación tiene similitud con el artículo de (Alvarado, J.,2021), ya que en su investigación "Respuesta sísmica de una edificación residencial de concreto armado acorde a las normas sudamericanas de la zona del Pacífico. Estudio de caso para Perú, Chile y Ecuador.". Para el tratamiento de resultados se utilizó la deriva elástica para las distintas normas sísmicas estudiadas. Mientras que en nuestra investigación se utilizó el tratamiento de resultados basado en este artículo. Que se muestra los valores en la Tabla 7.

5 Conclusión

La respuesta sísmica de los dos pabellones 3 y 4, han sido evaluadas con la norma sísmica vigente del Perú (E030, 2018), y la norma sísmica chilena (Nch433, 2012), considerando un análisis modal espectral, considerando todos los tipos de zonas y suelos comparables, tratando los resultados de las derivas en el rango elástico. Encontrándose que los valores máximos corresponden a Perú.

La respuesta de la fuerza cortante para los 2 pabellones en ambas direcciones, la cortante de Perú presenta mayores valores que la cortante de Chile. Para los sistemas estructurales de muros y albañilería, los valores de cortante de Chile representan alrededor de 25.58%, respecto de la cortante de Perú. Y para los sistemas estructurales de pórticos y dual, los valores de la cortante de Chile representan alrededor de 66.32%, respecto de la cortante de Perú.

El sobredimensionamiento que se obtuvo para los dos pabellones, en la dirección del sistema estructural de muros, se debe a la presencia de dos muros de concreto armado de 7.60 metros, presentando una alta rigidez de 403492 para el pabellón 3, por ello se cambió a un sistema estructural de albañilería reduciendo la rigidez a 74510. Para el pabellón 4 presenta una rigidez de 413406, con el cambio de sistema estructural se redujo a 96986.

Para la dirección de los pórticos, se requirió aumentar la rigidez en un 205.19% para el pabellón 3, y 172.83% para el pabellón 4, respecto de la rigidez de la edificación construida, colocando dos muros de concreto armado, para cumplir con las limitantes normativas, para cada tipo de zona y suelo estudiado. Para estos casos por la presencia de los muros cambiando el sistema estructural de pórticos a dual.

6 Referencias Bibliográficas

Blanco J., 2005. Las Estructuras de los Centros Educativos (Colegios) en el Siglo XX en el Perú Diversos Proyectos de Reforzamiento y Ejemplos de Estructuración de Edificaciones de la Universidad Católica del Perú.

ANTONIO U., 2021. Evaluación del desempeño sísmico y propuesta de reforzamiento del colegio 780-pre I.E N° 1172 ciro alegría mediante el análisis estático no lineal.

GARCÍA M., 2016. Análisis comparativo de la respuesta sísmica de distorsiones de entrepiso - deriva y fuerzas cortantes de una edificación de concreto armado con sistema dual, mediante los análisis sísmico dinámico, aplicado con la norma de diseño sismorresistente e.030 del 2016 y la norma chilena de diseño sísmico de edificios NCH 433.of1996 modificada en 2012

Alvarado, J., 2021. Respuesta sísmica de una edificación residencial de concreto armado acorde a las normas sudamericanas de la zona del Pacifico. Estudio de caso para Perú, Chile y Ecuador.

Diaz A., 2020. Variación del comportamiento sísmico y costo de ejecución en el módulo "e" del colegio "santa teresita" con la norma e-0.30 del 2003 y del 2016.

Avalos M., 2018. Desarrollo del análisis estructural para mejorar el equilibrio sísmico, pabellón B del colegio Virgen de la Puerta, Los Olivos, 2018.

Idrogo L., 2021. Diseño Estructural para el Mejoramiento de la Infraestructura Educativa Secundaria Federico Villarreal, Chiclayo, Lambayeque 2021.

Benites Doris, 2021. Diseño Estructural para el Mejoramiento de la Infraestructura Educativa Secundaria Federico Villarreal, Chiclayo, Lambayeque 2021.

Chavez J., 2016. Mejoramiento de la infraestructura educativa inicial" huaca de barro "para fortalecer su servicio educativo, distrito Morrope lambayeque"-2016.

DELGADO Fernandez, Brolin. Mejoramiento del servicio educativo mediante el diseño de infraestructura de la I.E.P 10359, Distrito San Luis de Lucma, Cutervo, Cajamarca

CUMPA Macalopú, Jesús. Diseño de infraestructura para mejorar el servicio educativo de la I.E.S.M. Víctor Raúl Haya de la Torre, La Traposa, Ferreñafe. Tesis de grado. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo, 2020.

ALZATE, Alejandro. Evaluación de la vulnerabilidad estructural para el sector educativo en el municipio de Dosquebradas. Tesis de grado. Pereira: Universidad Libre Seccional Pereira, 2015.

MINEDU, 2017. Plan Nacional de Infraestructura Educativa al 2025.

MINEDU, 2019. Criterios de Diseño para Locales Educativos de Primaria y Secundaria

Expediente Técnico, 2018. Adecuación, Mejoramiento y Sustitución de la Infraestructura Educativa y Equipamiento de la Institución Educativa Guillermo Billinghurst

E.020. (2006). Norma Técnica E.020 "Cargas" del reglamento nacional de edificaciones. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.


E.030. (2018). Norma Técnica E.030 "Diseño Sismorresistente" del reglamento nacional de edificaciones. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

E.060. (2009). Norma Técnica E.060 "Concreto Armado" del reglamento nacional de edificaciones. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

NCh433. (2012). NCh 433. of1996 modificada en 2012 "Diseño sísmico de edificios". Instituto nacional de normalización.

7 Anexos

ANEXO A: Evidencias de sumisión del artículo en una revista de prestigio



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN


HOME

ACERCA DE BUSCAR ACTUAL ARCHIVO YA DISPONIBLE

Inicio > Usuario > Autor > Envíos > #1613 > Resumen

RESUMEN REVISAR EDICIÓN

Envío

Autores	Bradyan Sergio Ramos Mamani, Henry Antonio Aguilar Chuquimia
Título	Stiffnes exige edificios educativos peruanos de hormigón armado según estándares de Perú y Chile
Archivo original	1613-8553-1-SM.DOCX 2023-04-20
Supl. archivos	Ninguno AGREGAR UN ARCHIVO COMPLEMENTARIO
Remitente	Bradyan Sergio Ramos Mamani 
Fecha Enviado	20 de abril de 2023 - 10:42
Sección	Investigacion original
Editor	Ximena Araya Gallardo 



Estado

Estado	En revisión
Iniciado	2023-04-20
Última modificación	2023-05-21

Metadatos de envío

[EDITAR METADATOS](#)

Autores

Nombre	Bradyan Sergio Ramos Mamani 
identificación ORCID	http://orcid.org/0009-0002-5316-4933
Afiliación	Universidad Peruana Union
País	Perú
Declaración Bio	—
Contacto principal para la correspondencia editorial.	
Nombre	Henry Antonio Aguilar Chuquimia 
identificación ORCID	http://orcid.org/0000-0003-1373-2027
Afiliación	—
País	—
Declaración Bio	—

ANEXO B: Copia de la resolución de inscripción de perfil de proyecto de tesis en formato artículo aprobado por el consejo de facultad correspondiente



"AÑO DEL BICENTENARIO DEL PERÚ: 200 AÑOS DE INDEPENDENCIA"

RESOLUCIÓN N° 0267/A-2021/UPeU-FIA-CF

Lima, Ñaña 08 de junio de 2021

VISTO:

El expediente de **Bradyan Sergio Ramos Mamani**, identificado(a) con Código Universitario N° 201510762, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Bradyan Sergio Ramos Mamani**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Análisis comparativo de la respuesta sísmica de un edificio de concreto armado aplicando la norma peruana E.030 diseño sismorresistente y la norma chilena Nch433 diseño sísmico de edificios" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 08 de junio de 2021, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

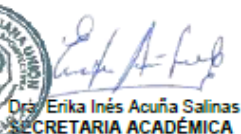
Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "Análisis comparativo de la respuesta sísmica de un edificio de concreto armado aplicando la norma peruana E.030 diseño sismorresistente y la norma chilena Nch433 diseño sísmico de edificios" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar al **Mg. Henry Antonio Aguilar Chuquimia** como ASESOR para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Wilson Gomez Paredes** y **Ing. Herson Duberly Pari Cusi**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. María Vallejos Atalaya de Cornejo
DECANA




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
Asesor
Sindicato de Profesores