

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“GOLPETEO SÍSMICO EN ESTRUCTURAS
ADYACENTES APORTICADAS DE CONCRETO
ARMADO, CAJAMARCA - 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Forma: Artículo científico

Autores:

Jorge Julca Calua

Deysi Margot Rios Jimenez

Asesor:

Mg. Violeta Zarela Quevedo Porras

<https://orcid.org/0000-0002-8549-5115>

Cajamarca - Perú

2023

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	TULIO EDGAR GUILLÉN SHEEN	26676774
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	MILAGROS MERMA GALLARDO	40012838
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	JANE ÁLVAREZ LLANOS	26704582
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

INFORME DE SIMILITUD



Identificación de reporte de similitud. oid:23228:247848488

NOMBRE DEL TRABAJO

Artículo Científico - 2023.docx

RECuento DE PALABRAS

16132 Words

RECuento DE CARACTERES

87543 Characters

RECuento DE PÁGINAS

97 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

2.9MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 21, 2023 1:20 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 21, 2023 1:22 PM GMT-5

● 19% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 19% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de trabajos entregados
- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)
- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente

DEDICATORIA

A Dios, por bendecirnos todos los días y guiarnos por el buen camino de la vida. A nuestros padres, hermanos y demás familiares por brindarnos su cariño, amor constante y enseñarnos mediante actos el significado de esfuerzo y compromiso.

A los docentes y asesores universitarios por sus exigencias y la motivación para seguir estudiando todos los días y formarnos como ciudadanos de bien.

A nuestros amigos y amigas que contribuyeron con el desarrollo de nuestras metas universitarias.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirnos seguir expandiendo nuestros conocimientos y lograr
nuestros objetivos trazados en la vida.

A nuestros padres, hermanos y demás familiares por ser el apoyo incondicional día
tras día, por el amor que nos brindan y los consejos constantes para convertirnos en
profesionales y personas de bien.

A la Universidad Privada del Norte, por abrirnos sus puertas para estudiar y
compartir diversos conocimientos enriquecedores.

A nuestra asesora, Mg. Violeta Zarela Quevedo Porras y Dr. Yoner Jaime Romero
Cueva, por el apoyo y orientación, porque gracias a sus conocimientos y su experiencia se
logró culminar la presente investigación.

A los docentes por guiarnos en toda la vida universitaria mediante sus valores y
principios.

Tabla de Contenido

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE ECUACIONES	12
RESUMEN	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	35
CAPÍTULO III: RESULTADOS	72
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	86
REFERENCIAS	93
ANEXOS	96

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Distribución de niveles de la edificación de 3 niveles.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 2: Características del concreto.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3: Características del acero de refuerzo.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 4: Distribución de niveles de la edificación de 6 niveles.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 5: Características del concreto.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 6: Características del acero de refuerzo.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 7: Cargas vivas en viviendas.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8: Resumen de los parámetros sísmicos utilizados.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 9: Datos para el periodo de vibración de las edificaciones.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 10: Periodos de vibración.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabla 11: Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en X.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 12: Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en Y.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 13: Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en X.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 14: Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en Y.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 15: Desplazamiento máximo de la edificación de 6 pisos en la dirección en X.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 16: Desplazamiento máximo de la edificación de 3 pisos en la dirección en X.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 17: Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección "X", con el registro sísmico de San Ignacio.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 18: Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección "X", con el registro sísmico de Moyobamba.....</i>	<i>74</i>

<i>Tabla 19: Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección "X", con el registro sísmico de Tocache</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 20: Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de San Ignacio.....</i>	<i>77</i>
<i>Tabla 21: Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Moyobamba.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 22: Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Tocache</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 23: Cortante de entrepiso con y sin golpeteo sísmico en dirección X, con registro sísmico de San Ignacio</i>	<i>80</i>
<i>Tabla 24: Cortante de entrepiso con y sin golpeteo sísmico en dirección X, con registro sísmico de Moyobamba</i>	<i>81</i>
<i>Tabla 25: Cortante de entrepiso con y sin golpeteo sísmico en dirección X, con registro sísmico de Tacache.....</i>	<i>84</i>
<i>Tabla 26: Matriz de consistencia</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 27: Matriz de operacionalización de variable</i>	<i>102</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Ilustra las formulas que se utilizan para el calculo de separacion entre bloques y respecto del limite de propiedad.</i>	23
<i>Figura 2: Ilustración de los golpes que pueden ser generalmente categorizado como golpeo de losa a losa o de losa a columna.</i>	26
<i>Figura 3: Se ha identificado seis configuraciones críticas de edificios que aumentan en gran medida la probabilidad de colapso estructural.</i>	27
<i>Figura 4: Elemento GAP, simula el contacto entre dos estructuras generando fuerzas cuando las dos superficies se acercan.</i>	29
<i>Figura 5: Elemento gap con sus propiedades.</i>	30
<i>Figura 6: Diagrama de flujo del procedimiento de recolección de datos.</i>	40
<i>Figura 7: Carga viva en tabiquería móvil.</i>	45
<i>Figura 8: Zonas sísmicas.</i>	46
<i>Figura 9: Factor zona.</i>	46
<i>Figura 10: Coeficiente de reducción (R).</i>	47
<i>Figura 11: Factor de uso.</i>	49
<i>Figura 12: Factor de suelo.</i>	49
<i>Figura 13: Periodos T_p y T_l.</i>	50
<i>Figura 14: Factor ampliación sísmica.</i>	50
<i>Figura 15: Registro de aceleración.</i>	50
<i>Figura 16: Edificación de 6 pisos vista en planta.</i>	51
<i>Figura 17: Edificación de 6 pisos vista en elevación.</i>	52

<i>Figura 18: Edificación de 3 pisos vista en planta.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 19: Edificación de 3 pisos vista en elevación.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 20: Distorsiones máximas del etrepiso</i>	<i>54</i>
<i>Figura 21: Espectro Z3S3 R=8.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 22: Modo de vibración en el edificio de 6 pisos.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 23: Modo de vibración en el edificio de 3 pisos.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 24: Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en X.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 25: Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en Y</i>	<i>58</i>
<i>Figura 26: Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en X.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 27: Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en Y</i>	<i>61</i>
<i>Figura 28: Tiempos y aceleraciones para crear registro</i>	<i>63</i>
<i>Figura 29: Registro Sísmico de San Ignacio 2021 corregido.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 30: Escalamiento de los acelerogramas al espectro de diseño.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 31: Registro sísmico de San Ignacio escalado.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 32: Registro sísmico de Moyobamba escalado</i>	<i>65</i>
<i>Figura 33: Registro sísmico de Tocache escalado.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 34: Análisis en X (E-W).....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 35: Modelación de ambas edificaciones – Vista en planta en el programa ETABS con el elemento GAP.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 36: Modelación de ambas edificaciones – Vista en elevación en el programa ETABS con el elemento GAP.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 37: Análisis tiempo historia - FNA (2021- EW).....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 38: Registro sísmico escalado en ETABS.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 39: Elemento Gap con distancia de la junta sísmica</i>	<i>70</i>

<i>Figura 40: Respuesta de desplazamiento en el tiempo del edificio de 6 niveles en dirección X.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 41: Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de San Ignacio.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 42: Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de Moyobamba.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 43: Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de Tocache</i>	<i>75</i>
<i>Figura 44: Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de San Ignacio.....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 45: Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Moyobamba.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 46: Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Tocache</i>	<i>79</i>
<i>Figura 47: Cortante de entrepiso con y sin golpeteo sísmico en dirección X, con registro sísmico de San Ignacio</i>	<i>81</i>
<i>Figura 48: Cortante de entrepiso con y sin golpeteo sísmico en dirección X, con registro sísmico de Moyobamba</i>	<i>82</i>
<i>Figura 49: Cortante de entrepiso con y sin golpeteo sísmico en dirección X, con registro sísmico de Tacache.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 50: Fuerzas de impacto con y sin junta en cada nivel en dirección X.....</i>	<i>84</i>

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1: La relación fuerza-deformación no lineal viene dada por la ecuación.</i>	<i>9</i>
<i>Ecuación 2: Constante de rigidez del resorte</i>	<i>30</i>
<i>Ecuación 3: Factor escala.....</i>	<i>53</i>

RESUMEN

En el Perú, los eventos sísmicos no pasan desapercibidos, siendo una de las causas por las cuales las estructuras pueden sufrir daños durante un terremoto fuerte, dando lugar a un fenómeno poco estudiado como es el "golpeteo sísmico", obteniendo resultados catastróficos.

El objetivo de esta tesis es evaluar la influencia del golpeteo sísmico en 2 estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado de 6 y 3 pisos ubicadas en Cajamarca y en la zona sísmica 3 según la clasificación de la Norma Técnica E.030 teniendo una alta probabilidad de ocurrencia de sismo. Este aspecto hace necesario determinar el nivel de desempeño sísmico de las juntas de edificaciones ante la ocurrencia de un sismo desacostumbrado. La metodología que se utiliza para el desarrollo de esta tesis será un método científico, diseño no experimental, con enfoque cuantitativo, muestreo no probabilístico y nivel explicativo, como muestra se considera 2 viviendas aporticadas de 3 y 6 pisos ubicadas en el distrito de Cajamarca. Como instrumentos principales para obtener los resultados se utilizará el software: Etabs V. 20.1, SeismoSignal, SeismoMatch, también se utilizará las normas E 0.20, E 0.30, E 0.60 y el reglamento nacional de edificaciones.

Los registros de aceleración que se utilizaron para el análisis tiempo historia, fueron de San Ignacio, Moyobamba y Tocache, los cuales fueron escalados con una aceleración espectral según la norma E.030. Como resultados se obtuvo la deriva máxima en la dirección X de 0.0073, además la estructura muestra un desplazamiento máximo de 100.84 mm ante un cortante basal de 241.20 tonf, asimismo la mayor fuerza de impacto fue de 116.24 tonf y todo esto en los casos de sin junta sísmica.

PALABRAS CLAVES: Elemento Gap, estructura, junta sísmica y FNA.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, se han percibido diferentes eventos sísmicos alrededor del planeta tierra. Estos son generados por “movimientos o vibraciones repentinas ocasionadas por la relajación brusca y súbita de energía acumulada por deformación de la Litosfera, que se propaga en forma de ondas sísmicas”. De acuerdo a la teoría de la tectónica de las placas, explica que la Litosfera está dividida en trozos o placas rígidas que se desplazan con diferentes velocidades de pocos centímetros por año y dicho movimiento es el que ocasiona los terremotos. “Desde el punto de vista tectónico, la esquina noroccidente de Suramérica y sur de Centroamérica se encuentra en un área de intensa deformación, resultado de la interacción de las placas Caribe, Cocos, Nazca y Suramérica”. Es por esto que parte de los grandes terremotos ocurridos a lo largo de la historia se han registrado en territorios en donde se ubican dichas placas, ya que están expuestas al choque tectónico. Es el caso del Terremoto ocasionado en Chile, según la unidad de evaluación de desastres de la CEPAL en el año 1960 el sismo de 9.5 grados de magnitud dejó al menos 6,000 muertos y 550,000 miles de dólares en términos de impacto económico. Otro segundo terremoto más fuerte en Chile fue registrado en el año 2010 el cual tuvo una magnitud de 8.8 y una duración aproximada de tres minutos, registrando alrededor de 440,000 viviendas afectadas con algún tipo de daño, el cual representa un 44% del total en las regiones según las estimaciones de la CEPAL aproximadamente 4 millones de personas fueron damnificadas representando el 23% de la población nacional. (Urcia & Moncayo, 2021)

El Perú es un país altamente sísmico y según la clasificación mundial le corresponde 9 grados en la escala Mercalli Modificada. Cerca de 18 millones de peruanos viven en zonas sísmicas y están expuestos a las constantes amenazas de ocurrencias de sismos. Además, está comprendido entre una de las regiones de más alta actividad sísmica que existe en la tierra, por lo tanto, está expuesto a este peligro, que trae consigo la pérdida de vidas humanas y pérdidas materiales. Es necesario efectuar estudios que permitan conocer el comportamiento más probable de este fenómeno para poder planificar y mitigar los grandes efectos que trae consigo. (Casana, 2018)

En la ciudad de Cajamarca en las últimas décadas no han ocurrido sismos de gran intensidad, sin embargo, debido a su formación geológica, naturaleza de sus suelos y presencia volcánica, existe una gran probabilidad de ocurrencia de sismos, cuyos efectos se amplificarían por las características de sus suelos, es por esto que se considera zona de silencio sísmico. (Mosqueira, 2012)

Las edificaciones, en general, son estructuras que se esperan estén preparadas para aguantar la fuerza sísmica si se llegase a presentar. Cuando ocurre este fenómeno la estructura responde con un movimiento conocido como "excitación", este movimiento consiste en el balanceo de la estructura en el sentido que la fuerza se presenta. Esto depende de algunas características como: la altura del edificio, el tipo de terreno, el tipo de cimentación, la separación que hay entre ellas, entre otras, además de la distancia que la estructura logra balancearse. (Castillo & Flores, 2019)

El Perú cuenta con sus propias normas como las Normas Técnicas de Edificaciones (NTE), que se encuentran dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), las cuales se deben emplear antes y durante la ejecución de un proyecto de edificación para que

se pueda garantizar un nivel de confianza de que la estructura será duradera y resistente ante un movimiento sísmico. A pesar de ello, en la actualidad todavía existen construcciones, ya sean ingenieriles y no ingenieriles, que no respetan o hacen caso omiso a dichas exigencias tanto en temas de seguridad, diseño y ejecución. Tanto es así, que en pleno siglo XXI existen edificaciones que son construidas exactamente en los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, ocasionando que no exista ningún tipo de junta de separación sísmica entre una edificación y otra. (Castillo & Flores, 2019)

(Raja Rizwan, 2013) Nos dice que, el golpeteo de estructuras adyacentes aumenta el daño de los componentes estructurales. Incluso puede causar el colapso de estructuras. El terremoto que azotó a la Ciudad de México en 1985 reveló el hecho de que el golpeteo estuvo presente en más del 40% de las 330 estructuras colapsadas o gravemente dañadas.

Dentro de los antecedentes internacionales tenemos la tesis de (Parrales , 2017) En su trabajo de investigación titulado, “Comportamiento sísmico de estructuras adosadas losa con losa y evaluación de efectos asociados al impacto entre estructuras”, tuvo como objetivo principal analizar el comportamiento sísmico de estructuras adosadas losa contra losa, para lo cual utilizó el software SAP2000 y uso registros sísmicos de aceleraciones de varios terremotos, y posteriormente para modelar las estructuras adosadas losa contra losa, utilizo un elemento vínculo tipo link-gap del software, el cual simulo el impacto entre las estructuras, llegando a la conclusión que la estructura 1 de dos pisos de altura, fue la estructura que más energía absorbió y más se estresó debido al impacto con la estructura 2 (cuya altura fue de 20 pisos). Además, la estructura 1 aumentó la fuerza cortante y el momento flector aproximadamente el doble con respecto al aumento de la fuerza cortante y momento flector de la estructura.

Asimismo, dentro de los artículos científicos, tenemos la de (Ravindranatha, 2016) Cubrió el efecto del golpeo estructural en el sistema convencional de vigas y columnas adyacentes al sistema de losa plana. Para observar el efecto de golpeteo, llevó a cabo un análisis tiempo historia tomando datos del terremoto de 1940 de El centro. Se propusieron posibles técnicas de mitigación de golpes entre estructuras adyacentes como arriostramientos cruzados en X, arriostrados cruzados hacia adelante y hacia atrás, sistemas de arriostrados cruzados en V con la separación adecuada. Fue encontrado que, para reducir el desplazamiento lateral, el sistema de arriostramiento en cruz X fue más efectivo. El arriostramiento cruzado en V contribuyó parcialmente hacia la reducción del desplazamiento lateral. El sistema de arriostramiento hacia adelante y hacia atrás dio más o menos misma rigidez a las estructuras. En comparación con el sistema viga-columna, la rigidez del sistema losa plana fue menor y, por lo tanto, el ingeniero de diseño tiene que dar más importancia al diseño de tales estructuras.

(Quraishi & Sangeeta, 2016) Estudió técnicas de mitigación de golpes usando amortiguadores en detalle mediante ETABS. Los amortiguadores como el amortiguador viscoso, el amortiguador viscoelástico, el amortiguador de fricción y los amortiguadores de masa sintonizada. Se puede utilizar como un dispositivo de disipación de energía. La respuesta de amortiguadores viscosos y viscoelásticos durante el golpeo fueron estudiados. Los edificios estuvieron sujetos a tres características de movimiento sísmico del suelo, al terremoto de Sabar, El Centro, Uttarkashi y de Chamoli. Los amortiguadores demostraron ser muy efectivos para reducir la fuerza de impacto y el número de impactos. El estudio de los amortiguadores con respecto a su ubicación quedó fuera del alcance de ese artículo.

(NK, 2016) Comparó el golpeteo sísmico de edificios de concreto reforzado en marcado, así como edificios de concreto reforzado de piso blando, y evaluó las técnicas de prevención de golpes entre edificios adyacentes utilizando ETABS. Ellos concluyeron que el golpeteo sísmico fue más severo en el caso de un edificio de piso blando adyacente en comparación con el de edificios enmarcados. El desplazamiento de los edificios de pisos blandos fue mayor que el de los edificios enmarcados, y también el desplazamiento de edificios con diferente nivel de piso era mucho más que la de los edificios con el mismo nivel de piso. Los métodos de mitigación como el uso de muros de corte, arriostramientos y la combinación de muros de corte y arriostramientos demostraron ser efectivos en todos los casos.

(Puneeth & S Karuna, 2015) Analizó los efectos de golpeteo para edificios adyacentes en el mismo nivel de piso, edificios adyacentes con diferente nivel de piso (piso a media columna) y edificios con retiro de 4m, resistencia a cargas laterales. Como medidas de mitigación se proporcionaron sistemas como arriostramientos y muros de corte. Concluyeron que los edificios con muros de corte fueron más eficaces que con refuerzos.

(Puneeth & S Karuna, 2015) Estudió los efectos de los golpes sísmicos entre edificios adyacentes mediante análisis dinámico lineal y no lineal utilizando el programa informático ETABS. Este estudio investigó el efecto de varios parámetros sobre el golpeo estructural mediante el uso de análisis de espectro de respuesta (dinámica lineal) para suelo medio en la zona V y el análisis de la historia del tiempo (dinámica no lineal) para el terremoto de Bhuj, registró la excitación en diferentes modelos con distancias de separación variables. Edificios adyacentes de nueve y quince pisos con paredes de relleno de ladrillo completo y para el análisis se consideraron rellenos de ladrillos mixtos y muros de corte. Se notó que,

en comparación con la dinámica lineal. En el análisis, los desplazamientos de plantas de los dos edificios adyacentes aumentaron entre un 90 y un 95 % con un análisis dinámico no lineal. Así que es necesario realizar análisis dinámicos no lineales para conocer la respuesta real de la estructura. también fue observado que el efecto de golpeo se puede mitigar mediante la introducción de muros de corte sobre muros de relleno de ladrillo y también aumentando la distancia de separación.

(Chetan , Anand, & Hemraj, 2014) Evaluó un modelo analítico y una metodología para la formulación de los problemas de golpeteo. Se realizó un estudio paramétrico para identificar los parámetros más importantes. Propusieron brecha sísmica mínima entre edificios bajo movimiento de suelo de campo lejano y de campo cercano. Se notó que, cerca el movimiento del suelo de la fuente tuvo un desplazamiento mucho mayor que los del movimiento del suelo de la fuente lejana. Se concluyó que el golpeteo durante el movimiento del suelo de fuente cercana es mucho mayor que durante el movimiento del suelo de fuente lejana con el mismo espacio.

(Chandra, Kiran, & Pradeep, 2014) Analizó edificios con la misma altura y los mismos niveles de piso, edificios con misma altura, pero diferente nivel de piso, edificios con diferente altura y mismo nivel de piso, edificios con diferentes alturas y diferentes niveles de piso (piso-columna intermedia) y para hileras de edificios con diferente altura, pero mismos niveles de piso utilizando el paquete de software SAP2000. Los edificios colocados en diferentes niveles de piso tenían mayor fuerza de impacto que la de los edificios en mismos niveles de piso. Cuando los edificios estaban en fila, el edificio exterior sufrió más daños por golpes que el edificio interior. Para evitar golpes, sugirieron construir

edificios adyacentes con el mismo nivel de piso y con espacio de separación adecuado. En este documento no se discutieron técnicas de mitigación.

(Amruta Sadanand, 2014) Analizo las técnicas de prevención de golpes entre edificios adyacentes contruidos de muros de concreto reforzado, sistema de arriostramiento cruzado y pared y arriostramiento combinados, amortiguador viscoso fluido, sistema combinado de pared de concreto reforzado y amortiguadores y sistema combinado de arriostramiento y amortiguadores con la colocación adecuada fueron propusieron como posibles técnicas de prevención los golpes entre edificios adyacentes. Para el modelado se utilizó SAP2000. Llegaron a la conclusión de que la rigidez de los edificios se puede aumentar mediante la adopción de todos estos métodos.

En antecedentes nacionales tenemos según, (Castillo & Flores, 2019) En su trabajo de investigación titulado, Análisis de la interacción entre estructuras adyacentes de concreto armado de 5 y 12 pisos sin una adecuada junta de separación sísmica en la ciudad de Lima, para obtener el grado de Ingeniero Civil tuvo como objetivo principal, analizar y determinar la fuerza de impacto de las estructuras colindantes de concreto armado, generado durante el movimiento sísmico, con juntas de separación sísmicas inferiores a lo reglamentado en la normativa peruana, para lo cual en el caso en estudio fue modelado en el software ETABS y en especial se usó el elemento idealizado llamado "GAP" del mismo software. Se llegó a la conclusión de que el análisis arroja una serie de impactos en distintos niveles, pero lo que en realidad se observa es la falla en un solo nivel, donde generalmente el edificio bajo golpea al alto. Esto nos indica que el análisis es útil ya que las fuerzas que se calculan (es decir, los 101.36tnf para el caso 1, 101.16tnf para el caso 2 y 100.96tn para el caso 3) son mayor de lo que pueden soportar los elementos, también nos indica que este método tiene su limitación

ya que el elemento estructural falla en un solo punto y no en varios. Por lo cual recomienda realizar modelos considerando: edificios del mismo nivel, edificios con alturas de entresijos diferentes, edificaciones con irregularidades y quizás hasta considerando más que dos edificaciones adyacentes sin una adecuada junta de separación sísmica.

(Lezama, 2017) En su trabajo de investigación titulado, Comparación de derivas por sollicitaciones sísmicas según normas e-030 de 2003 y 2016 de una nueva edificación, para obtener el grado de Ingeniero agrícola tuvo como objetivo principal, comparar las derivas del nuevo edificio del proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Enseñanza e Investigación en Ordenamiento Territorial y Desarrollo Sostenible de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina - Lima Perú”, según las normas E030 de los años 2003 y 2016. Para lo cual se utilizó la herramienta computacional SAP 2000 v14. Llegó a la conclusión de que las derivas calculadas, para los 3 bloques analizados, cumplen satisfactoriamente con ser menores a la deriva máxima, es decir cumplen con el control de derivas de la norma E.030 de 2016. Por lo tanto, no es necesario realizar modificaciones estructurales para rigidizar la estructura. Además, de las juntas sísmicas propuestas por las normas E.030 de 2003 y 2016, se pudo apreciar que en esta última normativa tiene una mayor holgura.

(Rojas & Vásquez , 2020) En su trabajo de investigación titulado, Estado del arte del método de los elementos aplicados en la simulación del golpeteo sísmico, para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Civil, tuvo como objetivo principal, resaltar la importancia del comportamiento inelástico en el diseño y análisis de estructuras sometidas a golpeteo sísmico y mejorar la comprensión del método en la simulación avanzada del golpeteo sísmico, para lo cual se realizó en base a una revisión bibliográfica, recopilando los trabajos

de investigación más relevantes, y realizando una descripción sintetizada de estos. Se llegó a la conclusión que la respuesta del efecto de golpeteo sísmico en el rango elástico tiende a sobreestimarse con respecto a la del rango inelástico. Esto resulta en un gradiente de fuerza de impacto y aceleración considerable. Sin embargo, en la realidad existe una gran variedad de combinaciones en las propiedades mecánicas y dinámicas de los edificios adyacentes a analizar, por lo que no se puede generalizar un mismo comportamiento. Además, en el golpeteo sísmico se generan algunos aplastamientos entre los elementos estructurales, que conllevan a la pérdida progresiva del material.

Por otro lado, las bases teóricas consideradas para el desarrollo de esta tesis, parte de un concepto primordial, que es el sistema estructural aporticado, el cual está conformado por vigas y columnas de hormigón armado, las cuales están conectadas entre sí por medio de nudos rígidos que permiten la transferencia de los momentos flectores y cargas axiales hacia las columnas; para el relleno de los pórticos se utiliza mampostería de bloque o ladrillo. (Barros & Peñafiel, 2015)

Por otra parte, en el análisis lineal, las propiedades estructurales, tales como la rigidez y el amortiguamiento, permanecen constantes, no varían con el tiempo. Todos los desplazamientos, esfuerzos y reacciones son directamente proporcionales a la magnitud de las cargas aplicadas. En un análisis no lineal las propiedades estructurales pueden variar con el tiempo, la deformación y la carga. La respuesta suele no ser proporcional a las cargas, ya que las propiedades estructurales suelen variar. (Chavez Trigoso, Melendez Gomez, Sinchi Puella, & Hurtado Anampa, 2013)

Además, proveer una separación suficiente entre estructuras ha sido la estrategia comúnmente aceptada y adoptada por los códigos de construcción en todo el mundo. El valor

de la distancia de separación entre dos estructuras que sea lo suficientemente grande para evitar el impacto entre ellas, se conoce como “junta de expansión sísmica”. (Warnotte, Stoica, Majewski, & Voiculescu, 2007)

(Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020) Especifica que toda estructura está separada de las estructuras vecinas, desde el nivel del terreno natural, una distancia mínima “s” para evitar el contacto durante un movimiento sísmico. Esta distancia no es menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes ni menor que:

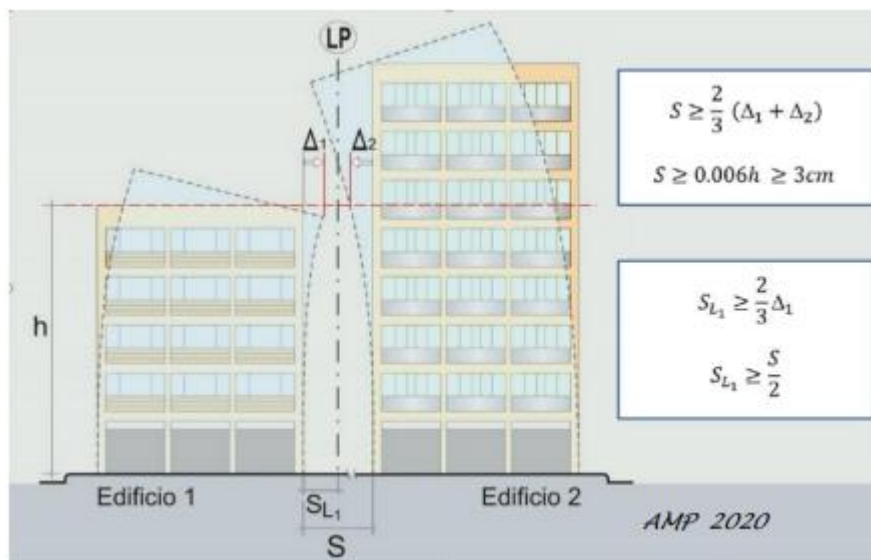


Figura 1. Ilustra las formulas que se utilizan para el calculo de separacion entre bloques y respecto del limite de propiedad.

Fuente: (Muñoz, 2020)

Donde “h” es la altura medida desde el nivel del terreno natural hasta el nivel considerado para evaluar “s”.

El edificio se retira de los límites de propiedad adyacentes a otros lotes edificables, o con edificaciones, distancias no menores que 2/3 del desplazamiento máximo calculado, ni menores que s/2 si la edificación existente cuenta con una junta sísmica reglamentaria. En

caso de que no exista la junta sísmica reglamentaria, el edificio se separa de la edificación existente el valor de $s/2$ que le corresponde más el valor $s/2$ de la estructura vecina.

Con respecto al Análisis Sísmico, este análisis trata de aproximar los efectos que tendrá un movimiento sísmico sobre la edificación, manejando un comportamiento de la estructura. Con este análisis sísmico se obtienen las fuerzas internas, desplazamientos en el edificio y así poder diseñar todos los elementos estructurales que conforman la edificación. (Cennamo & Di Fiore, 2013)

El análisis sísmico puede realizarse por diferentes métodos; algunos de los más conocidos son: Análisis estático o de fuerzas estáticas equivalentes, Análisis dinámico modal espectral y análisis dinámico tiempo – historia.

Por lo tanto, el Análisis dinámico modal espectral describe las propiedades dinámicas (modos de vibración, amortiguamiento) que posee una estructura. Es necesario identificar en el diseño dichas propiedades para poder conocer cómo reacciona la estructura frente a fuerzas actuantes sobre ella. (Herrera Reyes, Vielma, Ugel, & Martínez, 2012)

En cambio, el Análisis dinámico Tiempo-Historia es un análisis empleado para analizar la respuesta dinámica de una estructura frente a una carga determinada, la cual puede variar respecto al tiempo. (Nieto & Rivero, 2016)

Para (Alva Hurtado, 2015), el registro sísmico se consigue mediante acelerógrafos y los acelerogramas se consiguen en función al registro tiempo historia, estos incluirán dos componentes ortogonales, es decir fuerzas verticales y fuerzas horizontales. Cada grupo de registros de aceleraciones del terreno tendrá un par de componentes de aceleración horizontal, escaladas y escogidas de eventos individuales.

El golpeteo sísmico (Pounding), se puede definir como la colisión de edificios adyacentes durante los terremotos. La razón principal del efecto de golpeteo generalmente es causada por las diferencias en las propiedades dinámicas entre las estructuras, que las hacen vibrar fuera de fase bajo la excitación sísmica. Y esta es una de las principales causas de daños severos a edificios en terremotos. (Rajesh P , D.K. , & Athol , 2010)

Cuando, entre las estructuras que se golpetean no coinciden los niveles de los pisos, las fallas pueden ser más graves; ya que las losas de uno de los edificios pueden golpear las partes intermedias de las columnas del otro, ya que, en el momento de un sismo, cada una vibrará de manera distinta. (Astorga & Rivero, 2009)

Por otro lado, según (Rajesh P , D.K. , & Athol , 2010) las diversas causas de los golpes son las siguientes:

- Edificios adyacentes con las mismas alturas y los mismos niveles de piso.
- Edificios adyacentes con los mismos niveles de piso, pero diferentes alturas.
- Estructuras adyacentes con diferente altura total y niveles de piso.
- Las estructuras están situadas en una fila.
- Unidades adyacentes de los mismos edificios que están conectadas mediante juntas de dilatación.
- Estructuras con diferentes características dinámicas, que están separadas por una distancia lo suficientemente pequeña como para que se produzcan golpes.
- El golpeteo ocurre en la parte sin soporte (por ejemplo, la mitad de la altura) de la columna o pared.

- Posible asentamiento y balanceo de las estructuras ubicadas sobre suelos blandos.
- Los edificios que tienen sistemas resistentes a cargas laterales irregulares en planta rotan durante un sismo

El golpeteo de edificios describe la colisión de edificios adyacentes como resultado de alguna forma de excitación; típicamente excitación sísmica. Los escenarios de construcción de golpes pueden ser:

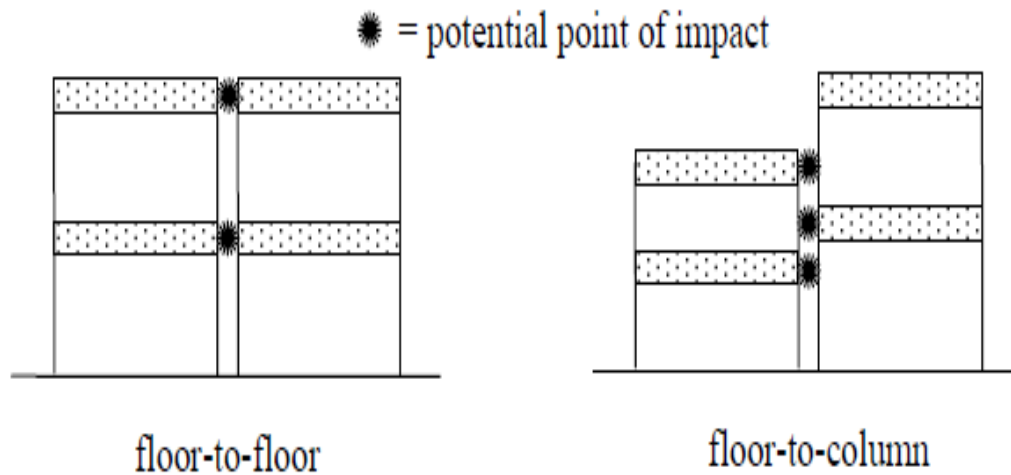


Figura 2. Ilustración de los golpes que pueden ser generalmente categorizado como golpeo de losa a losa o de losa a columna.

Fuente: (Rajesh P , D.K. , & Athol , 2010)

Estructuras más vulnerables al efecto de Impacto.

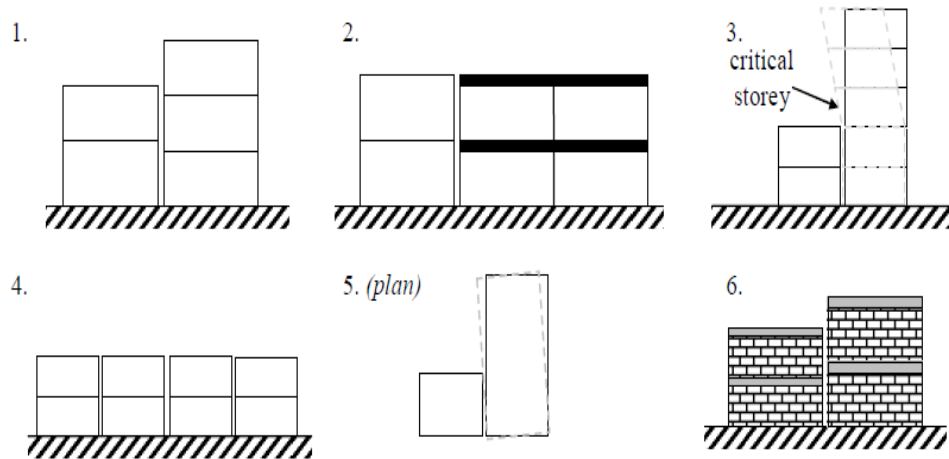


Figura 3. Se ha identificado seis configuraciones críticas de edificios que aumentan en gran medida la probabilidad de colapso estructural.

Fuente: (Rajesh P , D.K. , & Athol , 2010)

A continuación, se explican las seis estructuras más vulnerables al efecto de impacto:

1. Golpe de losa a columna. En particular, las columnas que sufren colisión están sujetas a esfuerzos cortantes muy elevados. Por lo general, estas columnas fallan por corte, aunque también se pueden exceder los requisitos de ductilidad de la columna.
2. Edificios adyacentes con masas muy diferentes. La transferencia de momento del edificio más pesado puede aumentar considerablemente la velocidad en la estructura más liviana durante el impacto. Por lo tanto, el edificio más liviano es susceptible de derrumbarse.
3. Edificios con alturas totales significativamente diferentes. Una colisión entre un edificio alto y uno bajo cambia el modo de desplazamiento del edificio más alto. El piso que sufre la colisión en el edificio más alto está sujeto, mientras que el resto del edificio está sujeto por encima. Esto crea un aumento importante en las demandas de

corte y ductilidad en el edificio más alto en el piso inmediatamente por encima del último piso del edificio más bajo.

4. Edificios exteriores de una hilera cuando todos los edificios tengan propiedades similares. Este escenario es análogo al péndulo de Newton. Si hay una fila de edificios similares con poca o ninguna separación entre edificios, entonces los edificios finales sufren mayores daños debido a la transferencia de momento de los edificios interiores. Posteriormente, los edificios interiores pueden sufrir menos daños que si no se produjeran golpes.

5. Edificación sujeta a acciones torsionales derivadas del golpeo. Ciertas configuraciones de edificios pueden excitar modos de torsión en una o ambas estructuras, lo que puede generar demandas de carga mucho mayores. Esto es particularmente peligroso si se produce un golpeteo de losa a la columna.

6. Edificios hechos de materiales quebradizos. La mampostería no reforzada es particularmente vulnerable a cualquier carga lateral. La colisión provoca una fuerza temporal muy alta que puede provocar la falla explosiva de elementos estructurales frágiles.

Por otro lado, el elemento "GAP", simula el contacto entre dos estructuras generando fuerzas cuando las dos superficies se acercan. Para el desarrollo de la presente tesis se usará este elemento para obtener las fuerzas de impacto en las estructuras adyacentes del caso de estudio. Siendo el elemento "GAP" parte del programa ETABS.

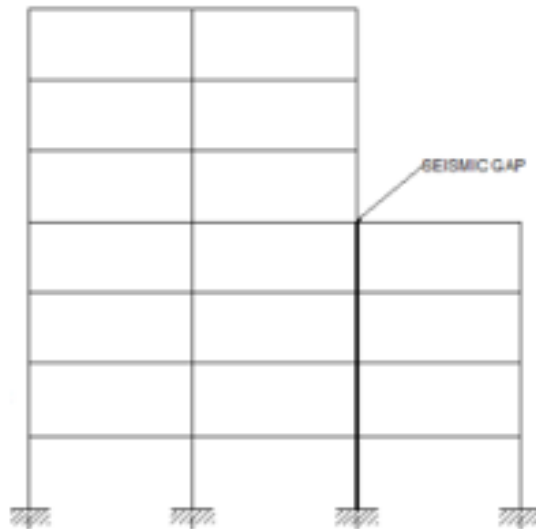


Figura 4. Elemento GAP, simula el contacto entre dos estructuras generando fuerzas cuando las dos superficies se acercan.

Fuente: (Rajesh P, D.K. , & Athol , 2010)

Gap se ha definido como elemento de enlace en ETABS. Es un elemento solo de compresión requerido para evaluar la fuerza de los golpes y simular el efecto de los golpes. El propósito del elemento gap es transmitir la fuerza a través del enlace solo cuando se produce el contacto y se cierra el espacio. (Raja Rizwan, 2013)

$$f = \begin{cases} \mathbf{k} (d + open) & \text{si } (d + open) < 0 \\ 0 & \text{si } (d + open) \geq 0 \end{cases}$$

Ecuación 1. La relación fuerza-deformación no lineal viene dada por la ecuación.

Fuente: (Raja Rizwan, 2013)

Donde:

K = es la constante del resorte, d = denota el desplazamiento y Open = es la apertura del espacio inicial, que debe ser cero o un número positivo.

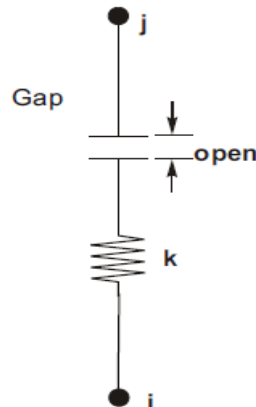


Figura 5. Elemento gap con sus propiedades

Fuente: (Raja Rizwan, 2013)

La forma de seleccionar la rigidez de los elementos de separación se elige como un valor 100 veces mayor que la relación AE/L . Además, “A” es el área de la sección transversal del elemento, “E” es el módulo de elasticidad, y “L” es la longitud del elemento en la dirección perpendicular a las superficies de contacto. Por lo tanto, en este modelo “K” se calcula de la siguiente manera. (Raja Rizwan, 2013)

$$K = \frac{EA}{L} \times 100$$

Ecuación 2. Constante de rigidez del resorte

Fuente: (Raja Rizwan, 2013)

El elemento K es definido como un resorte porque la disipación de energía durante el contacto se puede contabilizar por amortiguamiento. Por eso para lograr el comportamiento de contacto deseado el elemento GAP incluye el efecto de la rigidez y la amortiguación lineal efectiva. (Raja Rizwan, 2013)

Se expone los motivos por lo que es importante llevar a cabo determinada investigación.

El motivo de la presente investigación es porque el Perú geográficamente se encuentran ubicado en zona de alta sismicidad (cinturón de fuego del pacifico) y por ende se encuentra propenso a actividades sísmicas. El emplazamiento tectónico del Perú es complejo pues en su territorio converge la placa de Nazca y la placa Sudamericana, debido a ello algunas zonas del país son afectadas por una serie de movimientos sísmicos, siendo uno de los principales factores que causan daños a las edificaciones.

Los reglamentos sísmicos establecen las distancias mínimas de separación que deben proporcionarse entre estructuras adyacentes. Sin embargo, proporcionar una gran distancia de separación entre estructuras no es una buena solución debido a varios factores. Como las grandes deformaciones inelásticas que pueden ocurrir durante un terremoto, el suelo en las ciudades pobladas es un valioso activo financieramente y además el golpeo estructural que involucra estructuras cercanas sin poder desplazarse. Por lo tanto, es necesario medir el efecto de golpeo en edificaciones para desarrollar un mejor control de daños y un uso más eficiente del espacio terrestre. (Raja Rizwan, 2013)

La demanda de espacio aumenta día a día debido al rápido crecimiento de la industria de la construcción en todo el mundo global. En las ciudades metropolitanas, debido a la falta de disponibilidad de espacio, los edificios se construyen muy cerca unos de otros y lo que conduce a un fenómeno llamado "Golpe sísmico". Lo más simple y la forma más adecuada de mitigar los impactos es proporcionar un espacio de separación seguro. Pero en las ciudades urbanas es difícil cumplirlo debido al alto valor de la tierra y la falta de disponibilidad de la tierra. Es por ello que el trabajo "Efectos de golpes sísmicos en edificios

altos adyacentes: una revisión” se enfoca en evaluar los efectos de los golpeteos en las edificaciones, para determinar la práctica adecuada de mitigación de riesgos sísmicos para ya existentes edificios, así como nuevos edificios. Disminución del desplazamiento lateral mediante la introducción de refuerzos como paredes de concreto reforzado, arriostramientos, amortiguadores, etc., es una alternativa a la disposición del espacio de separación sísmica en el diseño de la estructura. (Nishath & Abhilash, 2017)

(Parrales , 2017) En su investigación estudia el comportamiento sísmico y dinámico de estructuras adosadas losa contra losa, debido a que el impacto entre los elementos de dos estructuras no separadas o separadas insuficientemente puede provocar un incremento considerable de las fuerzas internas de los elementos que impactan, y pueden causar daños severos en los elementos internos. Para evitar el impacto entre dos estructuras, la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-2015) y la norma de La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE 7-10) recomiendan una separación mínima entre estructuras, según el ASCE 7-10 del orden del 1% de la altura del edificio y un valor parecido según NEC-2015. Dicha separación mínima no siempre se respeta y ocurre un impacto entre las estructuras siendo el impacto con contacto losa contra losa el más benigno, y el impacto con contacto losa contra columna el más dañino, a tal punto de poder provocar una falla por cortante y aplastamiento en las columnas.

La presente investigación será de gran apoyo para poder mitigar daños y evitar el colapso de los elementos de las estructuras, como también la pérdida de vidas humanas, para ello se deberá proyectar y diseñar adecuadamente ambas edificaciones y es de vital importancia conocer el porcentaje de incremento de las fuerzas que se generan debido a este tipo de impacto entre estructuras adyacentes para saber qué tan severas pueden llegar a ser

las consecuencias. Asimismo, este trabajo se realiza con el objetivo de aportar nuevos conocimientos y sirva para futuras investigaciones a personas interesadas o estudiantes que busquen información relacionada a este tema de investigación, además de su importancia por la falta de investigaciones en idioma español en nuestro país sobre dicho fenómeno.

Justificando metodológicamente, para realizar el estudio de golpeteo sísmico en edificaciones adyacentes usaremos los criterios recomendados en la norma técnica peruana de sismos E. 030.

El problema que se desea conocer es: ¿De qué manera influye el golpeteo sísmico en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca - 2022? Y como problemas específicos se busca saber: ¿Cuánto influye la junta sísmica en el desplazamiento máximo en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca - 2022?, ¿Cuánto influye las juntas sísmicas en las derivas de ambas estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca - 2022?, ¿Cuánto influye la junta sísmica en la cortante de entrepiso en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca - 2022?, ¿Cuánto influye las juntas sísmicas en la fuerza de impacto de estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca - 2022?

En los objetivos que se plantean para esta investigación tenemos como: objetivo general, Evaluar la influencia del golpeteo sísmico en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022 y como objetivos específicos se busca Establecer cuanto influye la ausencia de la junta sísmica en el desplazamiento máximo en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022; Establecer cuanto influye la ausencia de juntas sísmicas en las derivas de ambas estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022; Establecer cuanto influye la ausencia de junta sísmica

en la cortante de entrepiso en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022; Establecer cuanto influye la ausencia de juntas sísmicas en la fuerza de impacto de estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022.

Las hipótesis que se plantean conocer son: Hipótesis general, El golpeteo sísmico influye en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca - 2022, como hipótesis específica: La ausencia de junta sísmica influye en el desplazamiento máximo en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022; La ausencia de juntas sísmicas influye en las derivas de ambas estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022; La ausencia de juntas sísmicas influye en la cortante de entrepiso en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022; La ausencia de juntas sísmicas influye en la fuerza de impacto de estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado, Cajamarca – 2022. Así mismo se tiene como variable dependiente: Golpeteo sísmico y como variable independiente: Estructuras adyacentes.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

La investigación es de tipo No Experimental, (Hernández, 2014) establece que este diseño se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de investigación donde no hacemos variar intencionadamente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

La investigación no experimental es la búsqueda empírica y sistemática en la que el científico no posee control directo de las variables independientes, debido a que sus manifestaciones ya han ocurrido o a que son inherentemente no manipulables. Se hacen inferencias sobre las relaciones entre las variables, sin intervención directa sobre la variación simultánea de las variables independiente y dependiente. (Perez, 2020)

Así mismo, esta investigación es transversal – descriptiva, (Perez, 2020), nos indica que, en este diseño se recopilan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (o describir comunidades, eventos, fenómenos o contextos), es como tomar una fotografía de algo que sucede. El diseño descriptivo tiene como objetivo indagar las incidencias y los valores en que se manifiestan una o más variables (dentro del enfoque cuantitativo) o ubicar, categorizar y proporcionar una visión de una comunidad, un evento, un contexto, un fenómeno o una situación. El procedimiento consiste en medir, o ubicar a un grupo de personas, situaciones, contextos, fenómenos, en una variable o concepto y proporcionar su descripción. Son, por lo tanto, estudios puramente descriptivos y cuando establecen hipótesis, éstas son también descriptivas.

La unidad de estudio son dos edificaciones adyacentes con sistema de pórticos que no presenten junta sísmica en el distrito de Cajamarca. La población de estudio estará comprendida por aquellas viviendas aporticadas de concreto armado de 3 y 6 pisos que no presenten junta sísmica, así mismo en extensión se considera a la población de estudio que estará comprendida por aquellas viviendas aporticadas de concreto armado que se encuentren adyacentes y estén ubicadas en el distrito de Cajamarca – Cajamarca. La población de estudio será elegida durante el año 2022.

(Hernández, 2014) nos define que: “La muestra es una porción representativa de la población, la cual se pueden seleccionar según las necesidades del estudio [...]” “Aquellas muestras no probabilísticas, además llamadas muestras dirigidas, consideran un método de distinción orientado por la particularidad de la investigación, más que por una regla estadística”

Se seleccionó la muestra realizando un muestreo no probabilístico de tipo intencional, que está constituida por 2 viviendas aporticadas de concreto armado de 3 y 6 pisos ubicadas en el distrito de Cajamarca. Y dentro de los criterios por los cuales se consideraron, es que estas viviendas son consideradas como representativas a la zona, referente al número de pisos y al uso que se le da, y cuyos resultados obtenidos sirvan como referencia al resto de edificaciones ubicadas en la provincia y distrito de Cajamarca, barrio Semana Cruz.

La revisión documental consistió en seleccionar la información existente (referente a investigaciones similares y a las variables de estudio), en fuentes bibliográficas confiables, éstas fueron libros, reglamentos, artículos de investigación en inglés y español, tesis de investigación.

Para la obtención y recolección de datos se diseñará dos edificaciones de 3 y 6 pisos que cumplan con Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), además que se encuentren una al lado de la otra, las cuales se ubicaran en la ciudad de Cajamarca.

Por otro lado, para el desarrollo de la presente investigación se utilizaron los siguientes softwares:

AutoCAD, es un programa de dibujo CAD de 2 y 3 dimensiones, puede hacer dibujos o planos, proyectos de diseño ingenieril, etc, además se utilizó el programa Etabs especializado que permite realizar análisis, modelado y dimensionar elementos estructurales. Posee un model Explorer que permite generar informes de manera detallada. Y acceder a los objetos, propiedades y reportes. (CSI, 2018)

También se utilizó el software SeismoSignal que constituye una manera fácil y eficiente de procesar datos de movimiento fuerte, presentando una interfaz visual fácil de usar y la capacidad de derivar una serie de parámetros de movimiento fuerte a menudo requeridos por ingenieros sismólogos e ingenieros sísmicos. (SEISMOSOFT, 2019)

Y por último el software SeismoMatch que es una aplicación equipada para modificar acelerogramas de terremoto para coordinar un rango de reacción objetivo particular, utilizando el cálculo de wavelets propuesto por Abrahamson [1992] y Hancock et al. [2006] o el cálculo propuesto por Al Atik y Abrahamson [2010]. (SEISMOSOFT, 2019)

La normativa actual vigente tiene por objetivo el control de daños y la seguridad de vida para los sismos de servicio (frecuentes) y sismos de diseño (moderados) y prevención de colapso para los sismos máximos (severos). Sin embargo, por el procedimiento de análisis estructural empleado en dichas normativas es en general es el rango lineal (elástico) lo cual alcanzar los objetivos planteados son realmente incierta por lo que no se puede estimar el

comportamiento de la estructura para los diferentes niveles de sismo en el rango no lineal (inelástico).

En esta investigación los métodos principales que utilizaremos son: Análisis Modal Espectral (análisis por el espectro de respuesta) y el Análisis Tiempo-Historia.

Para el análisis tiempo – historia se considerará a los últimos registros sísmicos ocurridos en las ciudades de Tocache, Moyobamba y San Ignacio.

Para el análisis Modal espectral de ambas edificaciones, se ha tenido en cuenta sus características de ubicación y configuración estructural, así como también las características de uso. De acuerdo con la normativa vigente (Norma Técnica E. 030, 2019) estructuras pertenecen a la categoría "C" donde se encuentran todas las edificaciones comunes. Posteriormente se calculan y se obtienen los datos necesarios de los coeficientes de zona, tipo de suelo de las edificaciones, coeficiente de reducción de las fuerzas sísmicas, asignación del sistema estructural, regularidad estructural, luego se modela la estructura en el programa ETABS y se hallan las derivas para verificar si estos son aceptados según los valores tolerables de la norma sismorresistente vigente.

Después de realizar el análisis modal espectral, pasamos a realizar el análisis tiempo - historia para conocer las derivas, desplazamientos máximos, cortante de entrepiso y la fuerza de impacto de ambas edificaciones al mismo tiempo e interactuando entre sí, ante la presencia de una fuerza sísmica, para esto se consideró modelar las ambas estructuras con junta y sin junta sísmica.

Para lograr modelar la interacción (golpeteo sísmico) y calcular su magnitud se utilizará un elemento de conexión entre nudos cercanos de las edificaciones: el elemento GAP, es un elemento que funciona a comprensión siempre que la distancia entre ambas

edificaciones por efectos del sismo sea menor a cero, es decir, el elemento se activa cuando el acercamiento relativo entre uno y otro nudo cercano se vuelve mayor que la separación sísmica considerada.

Todos los datos obtenidos serán registrados en tablas y gráficos que serán utilizados para elaborar un modelo matemático que permita determinar el daño producido a las estructuras tras el posible impacto entre ellas durante un sismo.

A continuación, se presenta el flujograma en el que se detalla todo el procedimiento que se siguió para la culminación de la presente investigación.

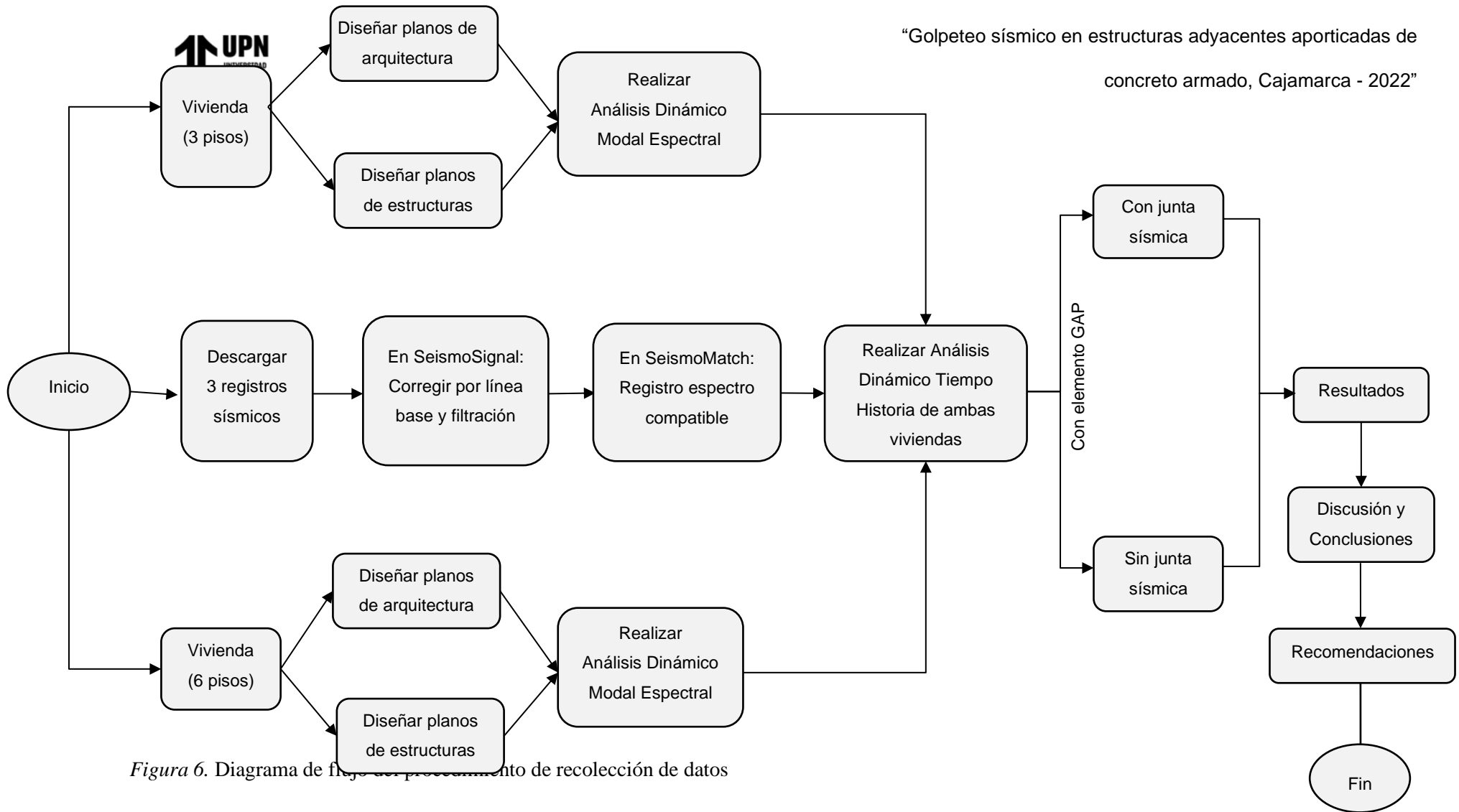


Figura 6. Diagrama de flujo del procedimiento de recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Caracterización estructural y modelamiento de los edificios.

Características del edificio (3 pisos)

A. Arquitectura

Es una edificación que cuenta con un área construida de 120.00 m², cuenta con 3 niveles destinado a una vivienda unifamiliar.

Tabla 1

Distribución de niveles de la edificación de 3 niveles.

Nivel	Ambiente
Primer	Tienda
Segundo	Departamento
Tercer	Departamento

Nota. Esta tabla muestra los tipos de ambiente por nivel.

La altura de entre piso es 3.6 m para el primer nivel y para los niveles restantes es de 3m.

B. Estructuras

Cuenta con un sistema aporticado de concreto armado, para dicho diseño se han considerado las siguientes características de materiales.

Tabla 2

Características del concreto.

Característica	Valor
Resistencia a la compresión	$f'c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2$
Peso específico	$\gamma = 2400.00 \text{ Kg/cm}^3$
Módulo de elasticidad	$E = 217370.651 \text{ kg/cm}^2$
Coefficiente de Poisson	$U = 1$

Nota. Esta tabla muestra las características del concreto con sus respectivos valores.

Tabla 3

Características del acero de refuerzo.

Esfuerzo de fluencia	$f_y = 4200.00 \text{ Kg/cm}^2$
----------------------	---------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Características del edificio (6 pisos)

A. Arquitectura

Es una edificación que cuenta con un área construida de 200 m^2 , cuenta con 6 niveles destinado a una vivienda multifamiliar.

Tabla 4

Distribución de niveles de la edificación de 6 niveles

Nivel	Ambiente
Primer	Tienda y Departamento
Segundo	Departamento
Tercero	Departamento
Cuarto	Departamento
Quinto	Departamento
Sexto	Departamento

Nota. Esta tabla muestra los tipos de ambiente por nivel.

La altura de entre piso es 3.60 m para el primer nivel y 3.00 m para los siguientes niveles.

B. Estructuras

Cuenta con un sistema estructural aporticado de concreto armado, para dicho diseño se han considerado las siguientes características de materiales.

Tabla 5

Características del concreto.

Resistencia a la compresión	$f^c = 210.00 \text{ Kg/cm}^2$
Peso específico	$\gamma = 2400.00 \text{ Kg/m}^3$
Módulo de elasticidad	$E = 217370.651 \text{ kg/cm}^2$
Coefficiente de Poisson	$U = 1$

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones – E. 020 , 2020)

Tabla 6

Características del acero de refuerzo

Esfuerzo de fluencia	$f^y = 4200.00 \text{ Kg/cm}^2$
----------------------	---------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Diseño de los edificios

Metrado de cargas:

Cargas vivas: Se considera las siguientes cargas para viviendas

Tabla 7

Cargas vivas en viviendas.

Uso vivienda	Carga (Kg/m ²)
Corredores y escaleras	200.00

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones – E. 020 , 2020)

Cargas muertas

Peso unitario concreto: 2.400 kg/m³

Losa aligerada (e= 0.20m): 300 kg/m²

Piso terminado (e=0.05m): 100 kg/m²

Peso de tabiquería: 0.1 (Ton/m²)

Los parámetros sísmicos fueron obtenidos de la (Norma Técnica E. 030, 2019), teniendo en cuenta el tipo de sistema estructural, el tipo de suelo, la zonificación, la regularidad estructural y la categoría de las edificaciones según su importancia y uso que tiene la estructuras en estudio. En este caso como las viviendas están adyacentes se considerará los mismos parámetros sísmicos para ambas viviendas.

Tabla 8

Resumen de los parámetros sísmicos utilizados

Descripción	Parámetros Definidos	Valor
Sistema estructural (R0)	Albañilería Confinada	3.00
Tipo de suelo (S)	S3: Suelo blando	1.20
Zonificación (Z)	Zona 3	0.35
Regularidad estructural (la o lp)	Estructura Regular	1.00
Categoría de la edificación (U)	C: Edificaciones Comunes	1.00

Nota: Estos parámetros sísmicos son considerados teniendo en cuenta el tipo de sistema estructural y la categoría de las edificaciones según su importancia y uso que tiene la estructuras en estudio.

Fuente: Elaboración propia

Análisis Modal espectral

Antes de empezar a modelar ambas estructuras en el programa ETABS se tomaron en cuenta los siguientes criterios: considerando aspectos generales y las normas técnicas:

E 060 - Esta Norma fija los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, el diseño, los materiales, la construcción, el control de calidad y la supervisión de estructuras de concreto armado.

E 030 – (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020) Nos permitirá evaluar los criterios sismorresistentes.

E 020 - (Reglamento Nacional de Edificaciones – E. 020 , 2020) Nos permitirá precisar las cargas para el diseño sismorresistente.

Criterios:

- La edificación de 3 pisos tiene las siguientes medidas: largo 20.00 m y ancho 6.00 m.
- La edificación de 6 pisos tiene las siguientes medidas: largo 20.00m y ancho 10.00m.
- Ambas estructuras son regulares, por lo tanto, de acuerdo con lo indicado en la norma E 0-30, el factor de I_a o I_p será igual a 1.
- El esfuerzo de diseño a la compresión del hormigón es $210 \text{ kg/cm}^2 (f'c)$.
- Según la NTP E 060 el módulo de elasticidad del concreto se representa por la fórmula: $15000 * \sqrt{f'c}$, por lo que utilizaremos $217370.651 \text{ (kg/cm}^2)$
- La carga viva por el uso que es vivienda, según la NTP E 020 es de $0.2 \text{ (Ton/m}^2)$
- Se considera tabiquería móvil, según la NTP E 020 la carga viva es de $0.1 \text{ (Ton/m}^2)$

Tabiquería Móvil

El piso de los tabiques móviles se incluirá como carga viva equivalente uniformemente repartida por metro cuadrado, con un mínimo de $0,50 \text{ kPa (50 Kg/m}^2)$, para divisiones livianas móviles de media altura y de $1,0 \text{ kPa (100 kgf/m}^2)$ para divisiones móviles de altura completa.

Cuando en el diseño se contemple tabiquerías móviles, deberá colocarse una nota al respecto, tanto en los planos de arquitectura como en los de estructuras.

Figura 4. *Carga viva en tabiquería móvil*

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones – E. 020 , 2020)

Primero calculamos los factores para ambas edificaciones de 3 y 6 pisos para el método estático lineal, teniendo en cuenta la norma E030.

- Considerando el parámetro sísmico según la NTP E 0.30, Cajamarca pertenece a la zona sísmica S3.



Figura 5. Zonas sísmicas

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

- El factor zona, según NTP E 030 es 0.35 debido a que pertenece a la zona 3.

FACTORES DE ZONA “Z”	
ZONA	Z
4	0.45
3	0.35
2	0.25
1	0.10

Figura 6. Factor zona

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

Se considera el coeficiente básico de Reducción de las Fuerzas Sísmicas (R_0), según

NTP E 0.30, es 8 para pórticos.

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema estructural	Coeficiente básico de reducción R_0 (*)
Acero:	
Pórticos especiales resistentes a momentos (SMF)	8
Pórticos intermedios resistentes a momentos (IMF)	7
Pórticos ordinarios resistentes a momentos (OMF)	6
Pórticos Especiales Concéntricamente Arriostrados (SCBF)	8
Pórticos Ordinarios Concéntricamente Arriostrados (OCBF)	6
Pórticos Excéntricamente Arriostrados (EBF)	8
Concreto Armado:	
Pórticos	8
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada.	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Figura 7. Coeficiente de reducción (R)

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

- Para obtener la deriva multiplicamos $0.75R$ debido a que las edificaciones son regulares.
- El factor de uso, según NTP E 030 para vivienda es 1 y pertenece a la categoría “C”.

CATEGORÍA DE LAS EDIFICACIONES Y FACTOR “U”		
CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR “U”
A Edificaciones esenciales	A1: Establecimientos del sector salud (públicos y privados) del segundo y tercer nivel, según lo normado por el Ministerio de Salud.	Ver nota 1
	A2: Edificaciones esenciales para el manejo de las emergencias, el funcionamiento del gobierno y en general aquellas edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. Se incluyen las siguientes edificaciones: - Establecimientos de salud no comprendidos en la categoría A1. - Puertos, aeropuertos, estaciones ferroviarias de pasajeros, sistemas masivos de transporte, locales municipales, centrales de comunicaciones. - Estaciones de bomberos, cuarteles de las fuerzas armadas y policía. - Instalaciones de generación y transformación de electricidad, reservorios y plantas de tratamiento de agua. - Instituciones educativas, institutos superiores tecnológicos y universidades. - Edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, tales como grandes hornos, fábricas y depósitos de materiales inflamables o tóxicos. - Edificios que almacenen archivos e información esencial del Estado.	1,5
B Edificaciones importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas tales como cines, teatros, estadios, coliseos, centros comerciales, terminales de buses de pasajeros, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos y bibliotecas. También se consideran depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento.	1,3
C Edificaciones comunes	Edificaciones comunes tales como: viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios o fugas de contaminantes.	1,0

D Edificaciones Temporales	Construcciones provisionales para depósitos, casetas y otras similares.	Ver nota 2
----------------------------------	---	------------

Nota 1: Las nuevas edificaciones de categoría A1 tienen aislamiento sísmico en la base cuando se encuentren en las zonas sísmicas 4 y 3. En las zonas sísmicas 1 y 2, la entidad responsable puede decidir si usa o no aislamiento sísmico. Si no se utiliza aislamiento sísmico en las zonas sísmicas 1 y 2, el valor de U es como mínimo 1,5.

Nota 2: En estas edificaciones se provee resistencia y rigidez adecuadas para acciones laterales, a criterio del proyectista.

Figura N° 8. Factor de uso.

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

- El factor suelo, según NTP E 030 es 1.20 porque pertenece a la Z3 y S3.

FACTOR SUELO “S”				
SUELO ZONA	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃
Z ₄	0.80	1.00	1.05	1.10
Z ₃	0.80	1.00	1.15	1.20
Z ₂	0.80	1.00	1.20	1.40
Z ₁	0.80	1.00	1.60	2.00

Figura 9. Factor de suelo.

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

- El periodo T_p, según NTP E 030 es 1 porque pertenece al perfil del suelo S3.
- El periodo T_l, según NTP E 030 es 1.6 porque pertenece al perfil del suelo S3.

PERIODOS “T _P ” y “T _L ”				
	Perfil del suelo			
	S0	S1	S2	S3
T _P (s)	0.3	0.4	0.6	1.0
T _L (s)	3.0	2.5	2.0	1.6

Figura 10. Periodos T_p y T_l.

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

El factor de ampliación sísmica, según la NTP E 030 se define utilizando las siguientes formulas.

$$T < T_p \quad C = 2.5$$

$$T_p < T < T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right)$$

$$T > T_L \quad C = 2.5 \left(\frac{T_p * T_L}{T^2} \right)$$

Figura 11. Factor ampliación sísmica

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

Considerando la altura de la estructura y utilizando el coeficiente de factor zona y el tipo de suelo podremos obtener el factor de amplificación sísmica conocido como “C”:

$$T < 0.2 T_p \quad C = 1 + 7.5 \left(\frac{T}{T_p} \right)$$

Figura 12. Registro de aceleración

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

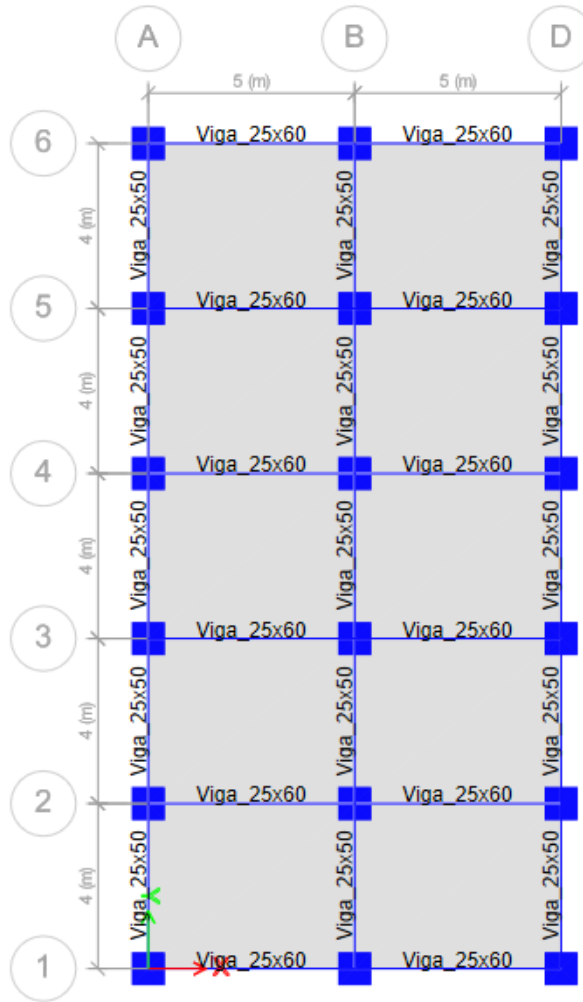


Figura 13. Edificación de 6 pisos vista en planta

Fuente: Elaboración Propia - (ETABS)

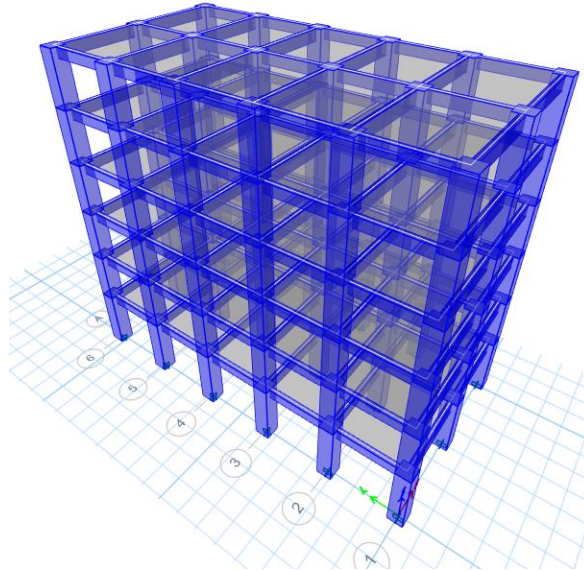


Figura 14. Edificación de 6 pisos vista en elevación

Fuente: Elaboración Propia - (ETABS)

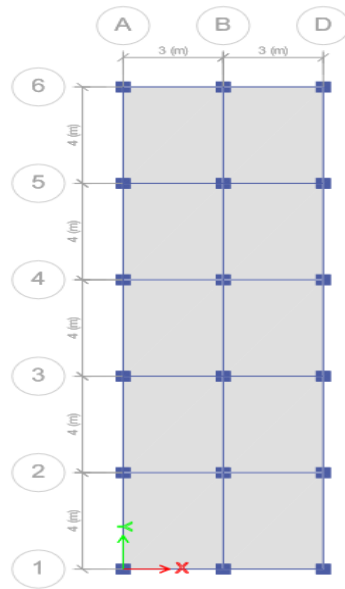


Figura 15. Edificación de 3 pisos vista en planta

Fuente: Elaboración Propia - (ETABS)

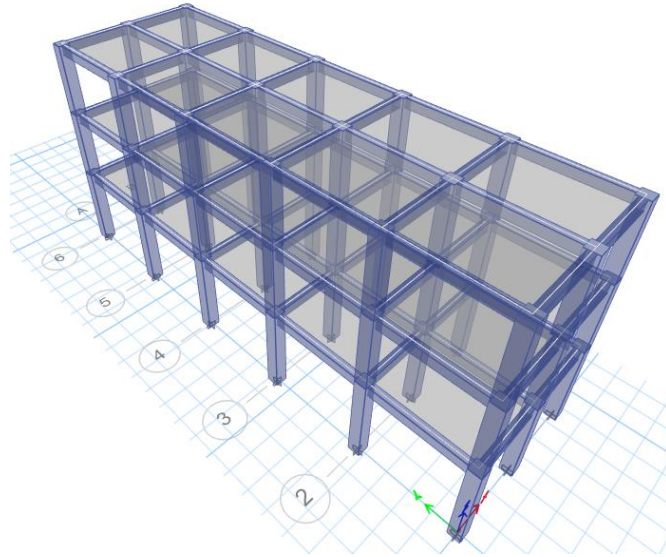


Figura 16. Edificación de 3 pisos vista en elevación

Fuente: Elaboración Propia - (ETABS)

Luego, calculamos los factores para ambas edificaciones de 3 y 6 pisos para el método dinámico modal espectral, teniendo en cuenta la norma E030. Además, se toman en cuenta los mismos valores que el análisis estático.

En el análisis dinámico se utiliza un factor escala diferente al considerado en el estático debido a que esta vez se toma en consideración el valor de la gravedad. Es decir, la fórmula se resume a lo siguiente:

$$F.E. = \frac{ZUSg}{R}$$

Ecuación 1. *Factor escala*

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

Para este caso, consideración una gravedad igual a 9.81 m/s².

Las derivas o distorsiones son desplazamiento entre pisos como indica en la (Norma Técnica E. 030, 2019), los cuales se calculan a continuación:

LIMITES PARALA DISTORSION DEL ENTREPISO	
Material predominante	$(\Delta i/h_{ei})$
Concreto Armado	0.007
Acero	0.010
Albañilería	0.005
Madera	0.010
Edificios de concreto armado con muros de ductilidad limitada	0.005

Figura 17. Distorsiones máximas del entrepiso

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

Para modelar la edificación en el programa ETABS, debemos ingresar el factor escala. Con la ayuda de la plantilla en Excel y teniendo en cuenta los indicado en la (Norma Técnica E. 030, 2019), estos han sido calculados.

Tabla 9

Datos para el periodo de vibración de las edificaciones.

Z(g)	0.35
U	1.00
S	1.20
R	8.00
T_P	1.00

T _L	1.60
----------------	------

Fuente: (Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030, 2020)

Tabla 10

Periodos de vibración.

T	C	T	ZUCS/R
0.000	1.000	0.000	0.053
0.100	1.750	0.100	0.092
0.200	2.500	0.200	0.131
0.300	2.500	0.300	0.131
0.400	2.500	0.400	0.131
0.500	2.500	0.500	0.131
0.600	2.500	0.600	0.131
0.700	2.500	0.700	0.131
0.800	2.500	0.800	0.131
0.900	2.500	0.900	0.131
1.000	2.500	1.000	0.131
1.100	2.273	1.100	0.119
1.200	2.083	1.200	0.109
1.300	1.923	1.300	0.101
1.400	1.786	1.400	0.094
1.500	1.667	1.500	0.088
1.600	1.563	1.600	0.082
1.700	1.384	1.700	0.073
1.800	1.235	1.800	0.065
1.900	1.108	1.900	0.058
2.000	1.000	2.000	0.053
2.100	0.907	2.100	0.048
2.200	0.826	2.200	0.043
2.300	0.756	2.300	0.040

2.400	0.694	2.400	0.036
2.500	0.640	2.500	0.034
2.600	0.592	2.600	0.031
2.700	0.549	2.700	0.029
2.800	0.510	2.800	0.027
2.900	0.476	2.900	0.025
3.000	0.444	3.000	0.023

Fuente: Elaboración propia - (Excel)



Figura 18. Espectro Z3S3 R=8

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

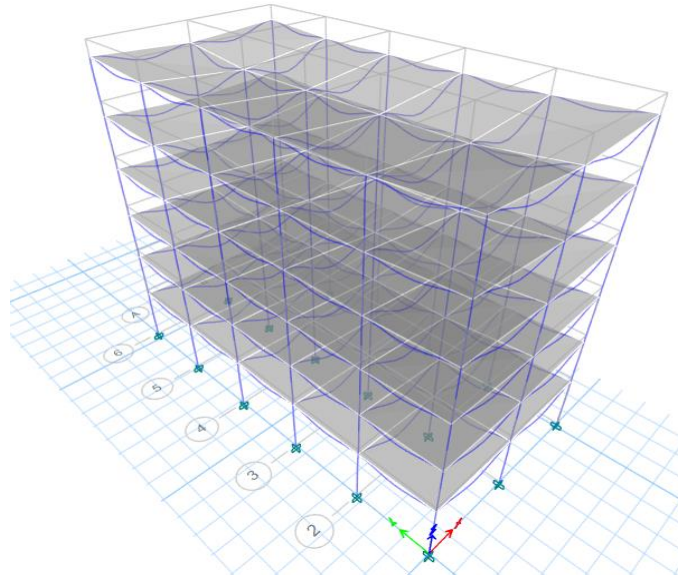


Figura 19. Modo de vibración en el edificio de 6 pisos.

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

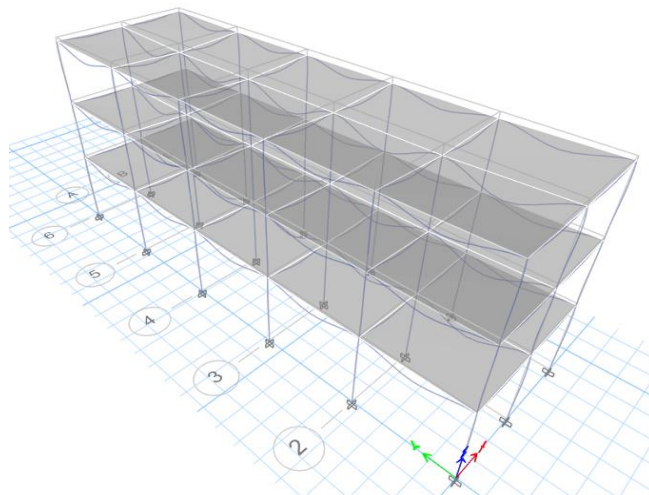


Figura 20. Modo de vibración en el edificio de 3 pisos.

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

Para este caso, también se modela la estructura en el programa ETABS y se hallan las derivas para verificar si estos son aceptados según los valores tolerables de la norma sismorresistente vigente, que tienen que ser menores a 0.007.

Tabla 11

Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en X

# de Techo	Deriva Max. (1/1000) Dirección XX
3	4.49
2	6.44
1	5.15

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

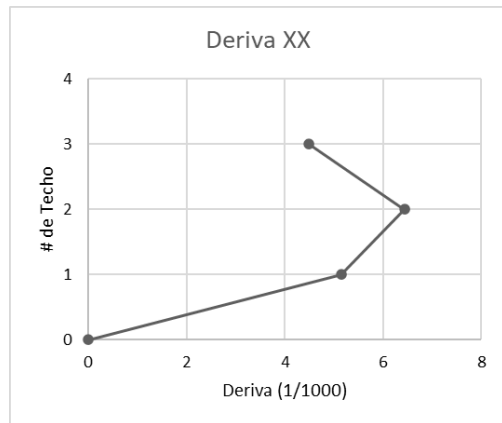


Figura 21. Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en X

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

Tabla 12

Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en Y

# de Techo	Deriva Max. (1/1000) Dirección YY
3	4.06
2	5.79
1	4.56

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

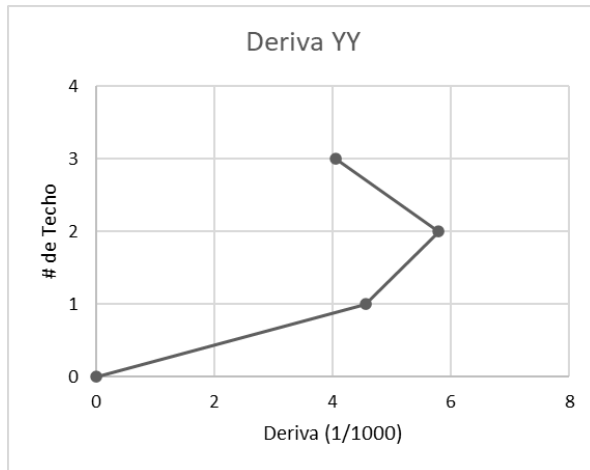


Figura 22. Derivas de la edificación de 3 pisos en la dirección en Y

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

Tabla 13

Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en X

# de Techo	Deriva Max. (1/1000) Dirección XX
6	3.61
5	4.89
4	6.12
3	6.83
2	6.49
1	3.67

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

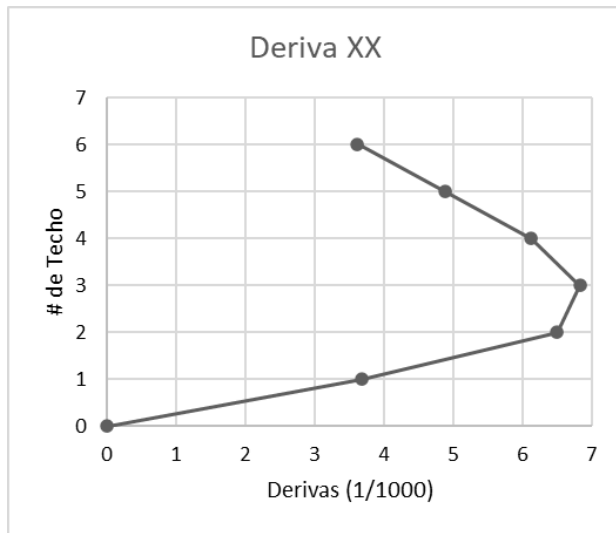


Figura 23. Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en X

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

Tabla 14

Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en Y

# de Techo	Deriva Max. (1/1000)
	Dirección YY
6	3.32
5	4.50
4	5.64
3	6.29
2	5.97
1	3.36

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

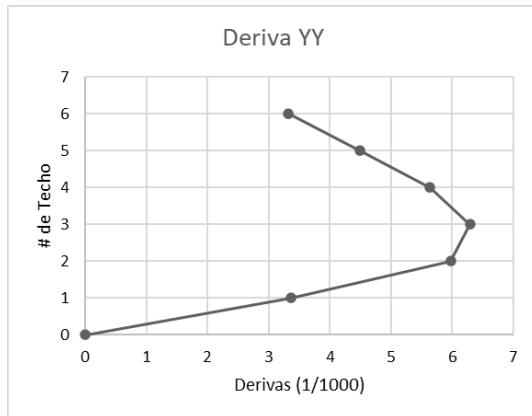


Figura 24. Derivas de la edificación de 6 pisos en la dirección en Y

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

Luego los desplazamientos máximos, nos sirvieron para hallar la distancia de la junta sísmica.

Tabla 15

Desplazamiento máximo de la edificación de 6 pisos en la dirección en X

# de Techo	Desplazamiento Max. (mm) Dirección XX
6	96.61
5	85.93
4	71.40
3	53.13
2	32.69
1	13.22

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

Tabla 16

Desplazamiento máximo de la edificación de 3 pisos en la dirección en X

# de Techo	Desplazamiento Max. (mm) Dirección XX
------------	--

3	51.18
2	37.82
1	18.54

Fuente: Elaboración propia - (ETABS)

Según el (Norma Técnica E. 030, 2019), la junta sísmica no debe ser menor que los 2/3 de la suma de los desplazamientos máximos de los edificios adyacentes. Para ello se analizó los desplazamientos máximos del tercer piso de ambas estructuras, porque son los más críticos.

$$\text{Distancia mínima "s"} = 9600 * 0.006 = 57.6 \text{ mm} = 5.76 \text{ cm} \geq 3 \text{ cm}$$

$$\text{Junta (cm)} = \frac{2}{3}(5.31) + \frac{2}{3}(5.11) = 6.94 \text{ cm} = 0.0694 \text{ m}$$

Entonces se junta sísmica se consideró de 0.0694 m.

Análisis Dinámico Tiempo - Historia

En el Análisis dinámico tiempo historia, los registros sísmicos que fueron tomados en cuenta, se desarrollaron muy cerca a lugar sobre la cual se proyectan las estructuras.

Según la (Norma Técnica E. 030, 2019), para el análisis se usa como mínimo tres conjuntos de registros de aceleraciones del terreno, cada uno de los cuales incluye dos componentes en las direcciones ortogonales. Para nuestro caso se ha seleccionados solo 3 registros, ya que solo se analizará el impacto de las estructuras en una sola dirección, y estas se encuentran en la página del CISMID para las direcciones NS-EW. Para esta tesis se considera los sismos de San Ignacio 2021 (Cajamarca), Moyobamba 2017 (San Martín) y Tocache 2017 (San Martín); cuyos registros se encuentran en formato txt., como en la

siguiente figura.

```
# NATIONAL UNIVERSITY OF ENGINEERING
# FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
# JAPAN-PERU CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH AND DISASTER MITIGATION (CISMID)
# OBSERVATION CENTER FOR EARTHQUAKE ENGINEERING (CEOIS)
# TUPAC AMARU AVENUE 1150 - LIMA 25 - PERU
# Telephone Numbers (51-1) 482-0777, 482-0790
# e-mail: f_lazares@uni.edu.pe http://www.cismid.uni.edu.pe
#
# 1. INFORMATION ABOUT THE SEISMIC STATION
# NETWORK: SC (EL SERVICIO NACIONAL DE CAPACITACION PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION - SENCICO)
# STATION: SCCHI (Gerencia Zonal Sencico Chiclayo, Chiclayo, Lambayeque.)
# CHANNELS: EO NS UD
# SAMPLING FREQUENCY (Hz): 200
# COORDINATES: -6.776752,-79.873489
#
# 2. INFORMATION ABOUT THE EARTHQUAKE
# DATE (LOCAL): 2021-07-21
# ORIGIN TIME (LOCAL): 10:07:31
# LATITUDE: -5.18
# LONGITUDE: -79.22
# DEPTH (km): 25
# MAGNITUDE: M 5.2
# INFORMATION SOURCE: IGP
#
# 3. INFORMATION ABOUT THE RECORD
# START_TIME (UTC-0): 2021-07-21T15:07:30.000000Z
# NUMBER DATA: 30000
# DATA UNITS: cm/s2
# MAXIMUM ACCELERATION: -2.170008 -1.945848 1.304009
# ACCELEROGRAPH: Episensor.DC_200.5VDF.4G
```

Figura 25. Tiempos y aceleraciones para crear registro

Fuente: CISMID (2022)

Los registros sísmicos, se procedieron a corregir en el software SeismoSignal, para realizar la corrección por línea base, y filtración.

La corrección por línea base se emplea para evitar la desviación de los acelerogramas del centro, haciendo uso de una corrección de factor a factor igual a la aritmética común del signo al acelerograma. (Ricalde, 2019)

Y la corrección por filtrado, es un procedimiento computacional o cálculo que cambia

sobre una disposición de números a los que se dirige la señal de información en otra agrupación a la que se dirige la señal de rendimiento. (Ricalde, 2019)

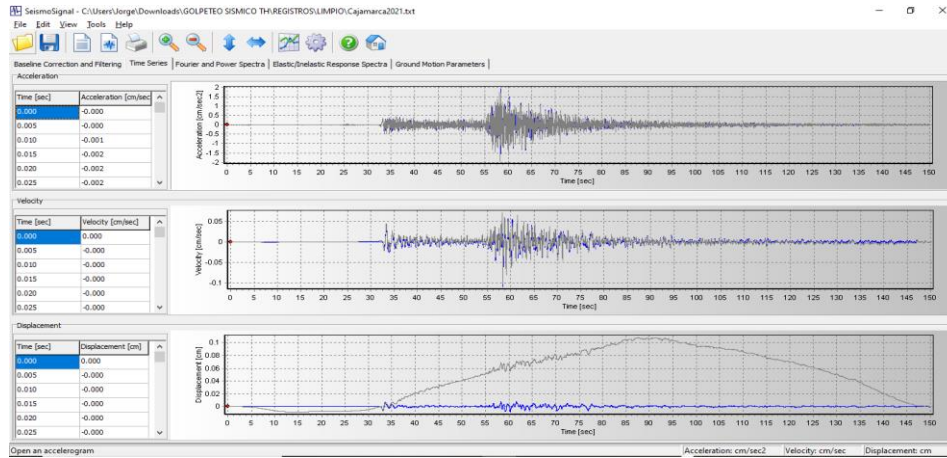


Figura 26. Registro Sísmico de San Ignacio 2021 corregido

Fuente: SeismoSignal (2022)

Se escalan los acelerogramas ya corregidos, al espectro de diseño, con el software SeismoMatch.

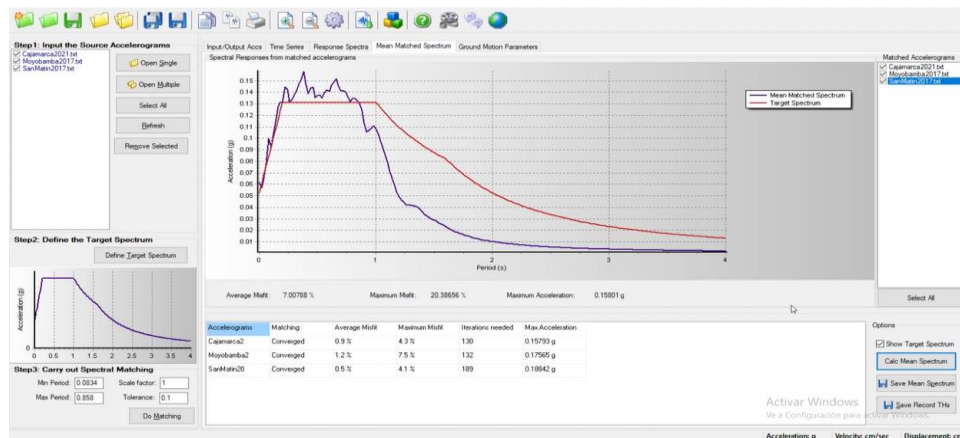


Figura 27. Escalamiento de los acelerogramas al espectro de diseño.

Fuente: SeismoMatch (2022)

Finalmente, los 3 acelerogramas ya escalados por el dominio en el tiempo se
presentan a continuación.

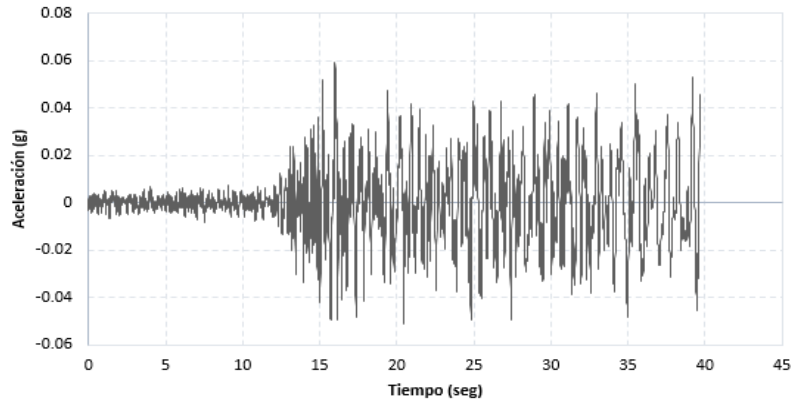


Figura 28. Registro sísmico de San Ignacio escalado

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Registro sísmico de Moyobamba

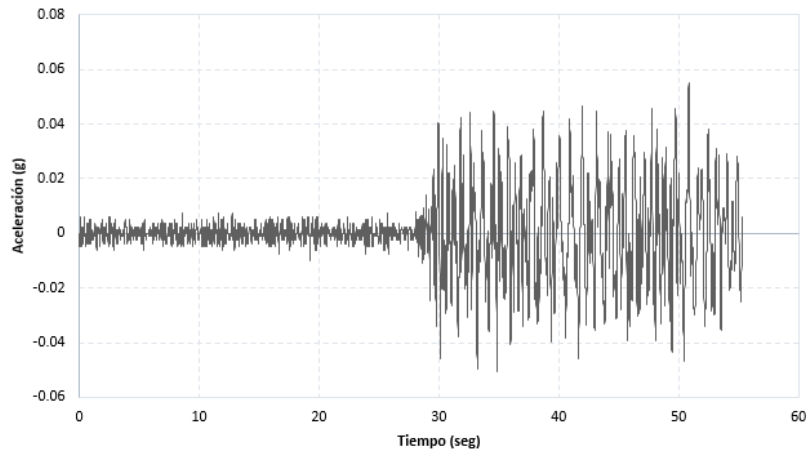


Figura 29. Registro sísmico de Moyobamba escalado

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

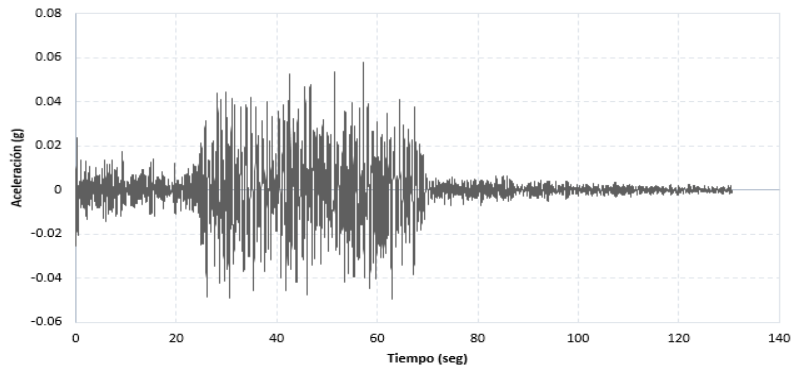


Figura 30. Registro sísmico de Tocache escalado

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

El análisis dinámico tiempo historia se realizó siguiendo los parámetros indicados en la norma E- 030 (2018), el conjunto de registro sísmicos se analizó solo en una componente (EW), escalados al espectro objetivo y aplicados en fuerzas horizontales como la siguiente imagen:

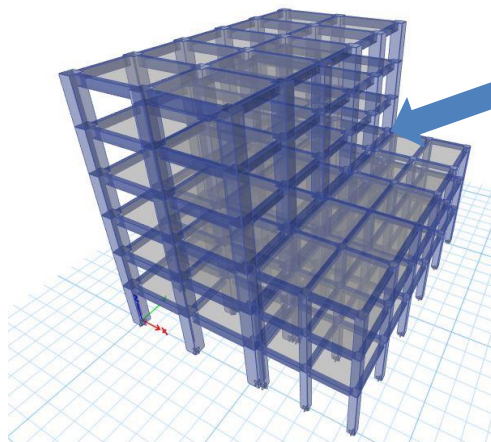


Figura 31. Análisis en X (E-W).

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

En esta parte se realizará el análisis dinámico, pero de ambas edificaciones, al mismo tiempo e interactuando entre sí. Para lograr modelar la interacción (golpeteo sísmico) y calcular

su magnitud se utilizará un elemento de conexión entre nudos cercanos de las edificaciones: el elemento GAP, es un elemento que funciona a compresión siempre que la distancia entre ambas edificaciones por efectos del sismo sea menor a cero, es decir, el elemento se activa cuando el acercamiento relativo entre uno y otro nudo cercano se vuelve mayor que la separación sísmica considerada.

El elemento GAP se caracteriza por dos cosas: longitud y rigidez; gracias al uso de este elemento aparecen fuerzas de interacción que modifican el comportamiento dinámico de los edificios respecto a cuándo están aislados, sus desplazamientos quedan efectivamente limitados entre sí.

En este caso, el análisis de Tiempo-Historia Lineal resolverá para cada momento el estado de la estructura, es decir, relacionará los efectos de aceleración y masa, velocidad y amortiguamiento, posición y rigidez, y fuerza externa al igual que en el caso de los edificios individuales; excepto que, la fuerza externa será modificada por la presencia del elemento GAP.

Cada registro sísmico se analizó por separado, cuando la componente es E-W el registro actúa en el eje X. Una vez obtenidos todos los registros sísmicos escalados, se procede a ejecutar en el programa ETABS.

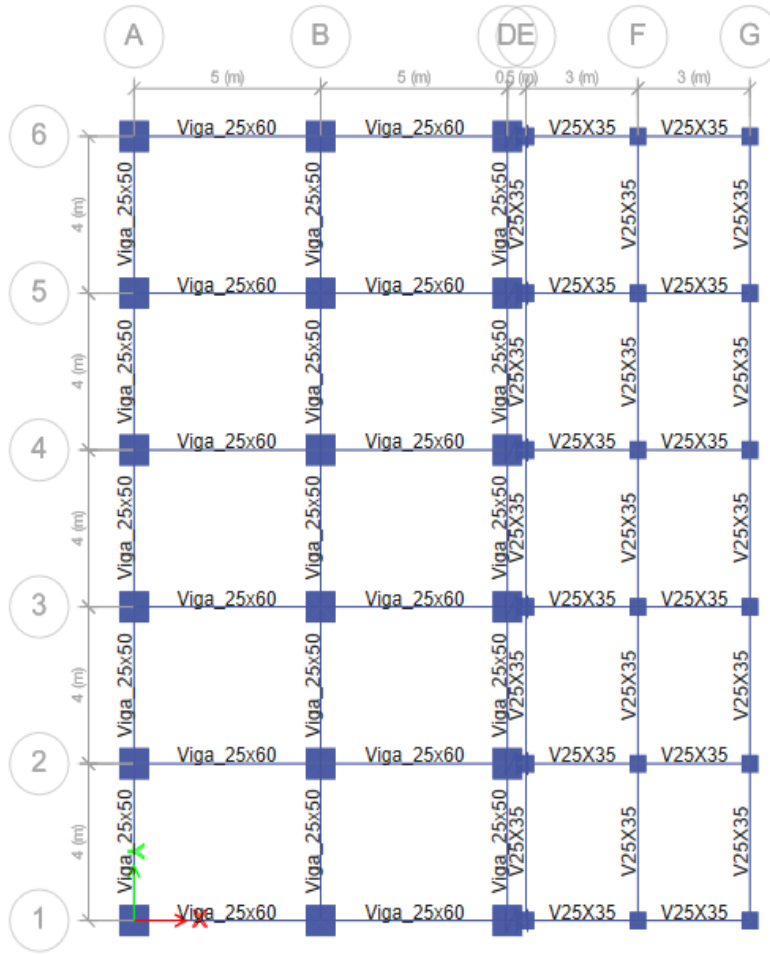


Figura 32. Modelación de ambas edificaciones – Vista en planta en el programa ETABS con el elemento GAP.

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

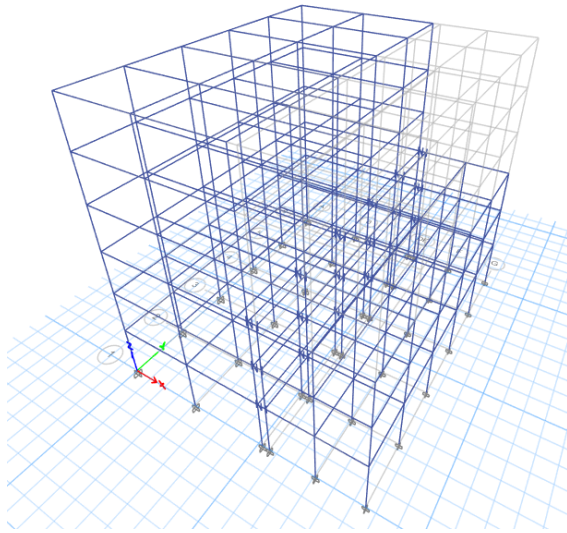


Figura 33. Modelación de ambas edificaciones – Vista en elevación en el programa ETABS con el elemento GAP.

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

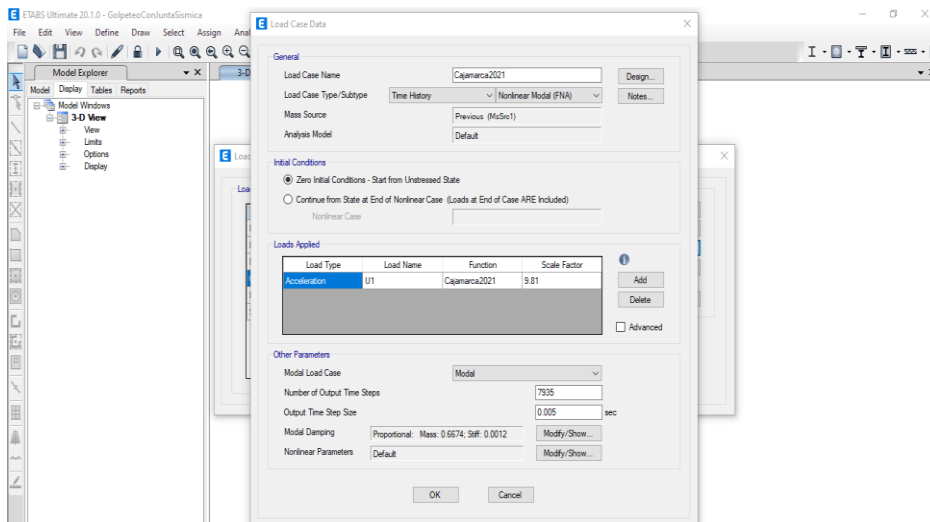


Figura 34. Análisis tiempo historia - FNA (2021- EW).

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

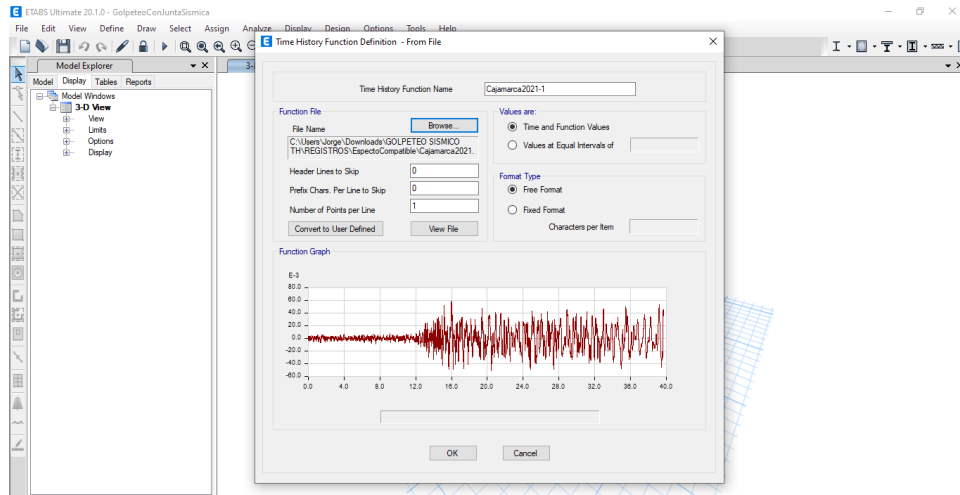


Figura 35. Registro sísmico escalado en ETABS.

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Finalmente se procedió a colocar el elemento Gap, con una distancia igual a la junta sísmica y otra sin ninguna distancia entre estructuras.

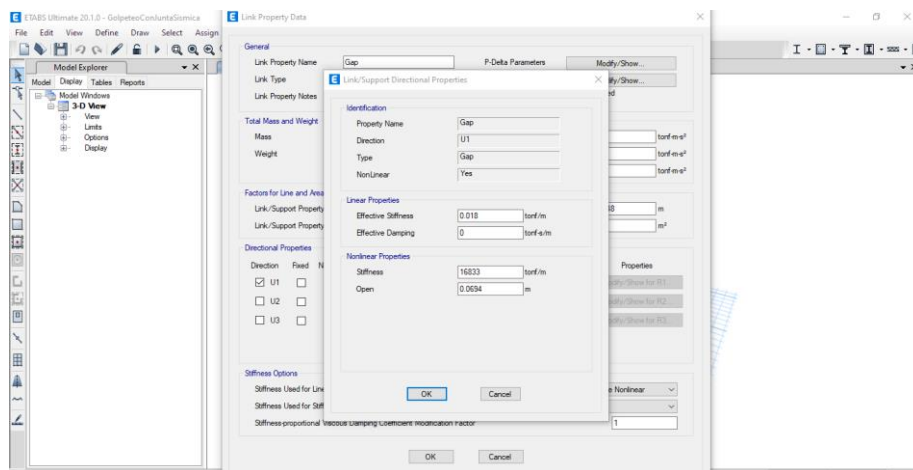


Figura 36. Elemento Gap con distancia de la junta sísmica

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)



“Golpeteo sísmico en estructuras adyacentes aporticadas de
concreto armado, Cajamarca - 2022”

Teniendo en cuenta los aspectos éticos se están citando a todas las fuentes que se han sido consultadas y consideradas en esta investigación, además los autores de la presente investigación se comprometen a honrar la veracidad de los resultados, la fiabilidad de los datos proveídos por los propietarios de las viviendas y la reserva de la identidad de todas las personas que participaron en la presente tesis.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

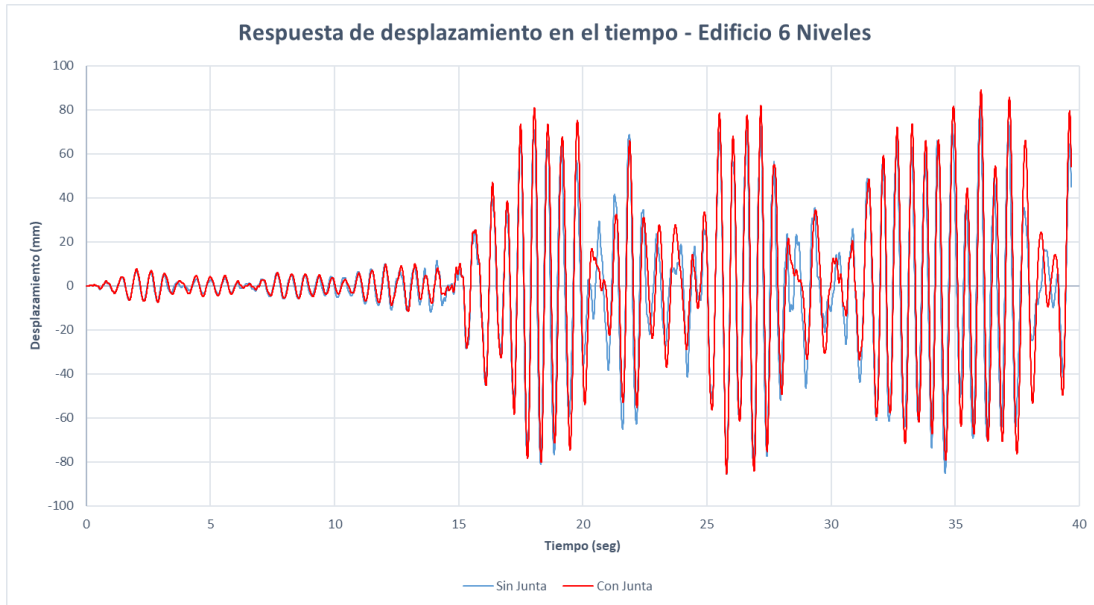


Figura 40. Respuesta de desplazamiento en el tiempo del edificio de 6 niveles en dirección X
Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

La figura muestra el desplazamiento en los casos con junta y sin junta sísmica del edificio más alto en dirección X. Mientras tanto ambos casos muestran un desplazamiento sinusoidal inestable. También se puede ver que la amplitud generalmente para el caso que esta sin junta es mayor en comparación con el caso que esta con junta. El desplazamiento máximo en el nivel del tercer piso para el caso con junta es de 89,02 mm, mientras que para el caso sin junta es de solo 85,42 mm, eso equivale al 4,04% de disminución del desplazamiento máximo, todo esto analizado con el acelerograma de San Ignacio. El desplazamiento total en el tercer nivel disminuye después de golpear debido a que el edificio más bajo previene el movimiento adicional del edificio más alto.

Tabla 17

Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de San Ignacio

# de Techo	Desplazamiento máximo (mm)			
	Con Junta		Sin Junta	
	Min.	Max.	Min.	Max.
6	-93.572	97.013	-94.122	91.996
5	-83.076	86.396	-81.934	81.222
4	-68.895	71.845	-68.040	66.801
3	-51.215	58.108	-38.356	52.632
2	-31.591	43.135	-23.165	37.673
1	-12.838	21.210	-12.059	21.394

Nota. Esta tabla muestra los desplazamientos máximos negativos y positivos en los casos con y sin junta sísmica.

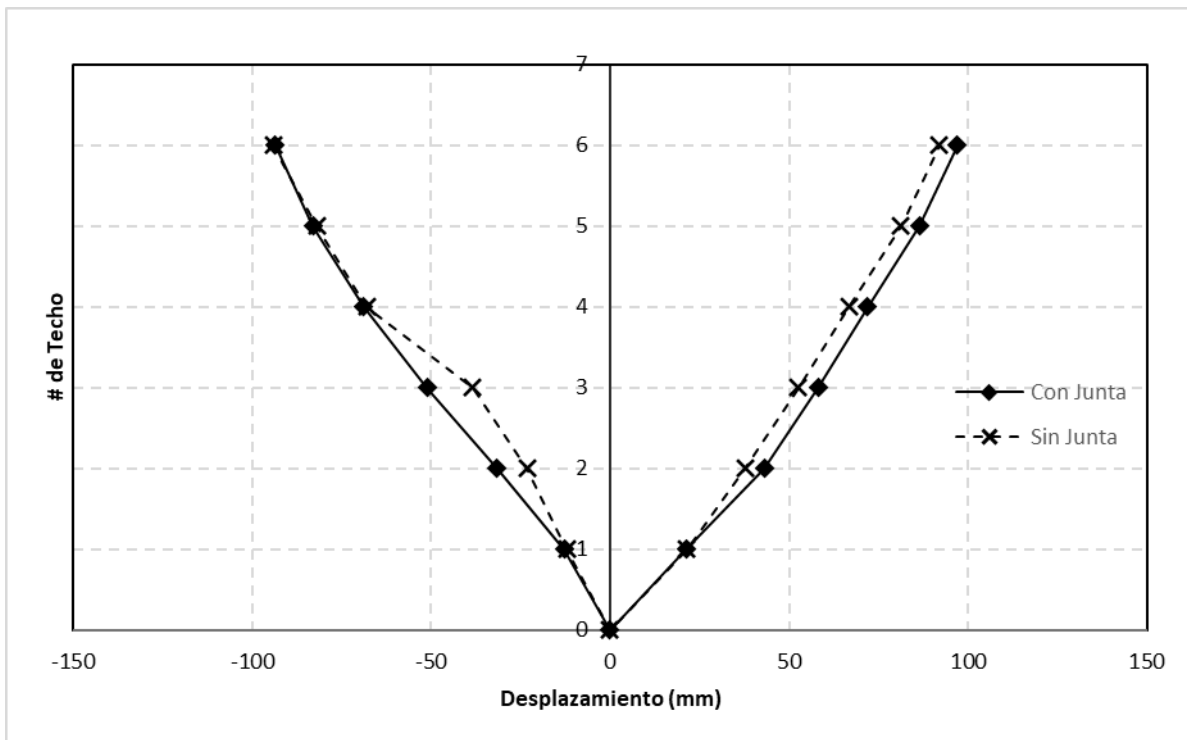


Figura 37. Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de San Ignacio

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Tabla 17

Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de Moyobamba

# de Techo	Desplazamiento máximo (mm)			
	Con Junta		Sin Junta	
	Min.	Max.	Min.	Max.
6	-97.427	96.457	-100.841	94.324
5	-86.212	85.625	-88.734	81.660
4	-71.164	70.983	-72.885	65.497
3	-50.368	57.873	-33.297	52.401
2	-32.106	43.043	-21.655	41.192
1	-12.903	21.249	-12.300	23.509

Nota. Esta tabla muestra los desplazamientos máximos negativos y positivos en los casos con y sin junta sísmica.

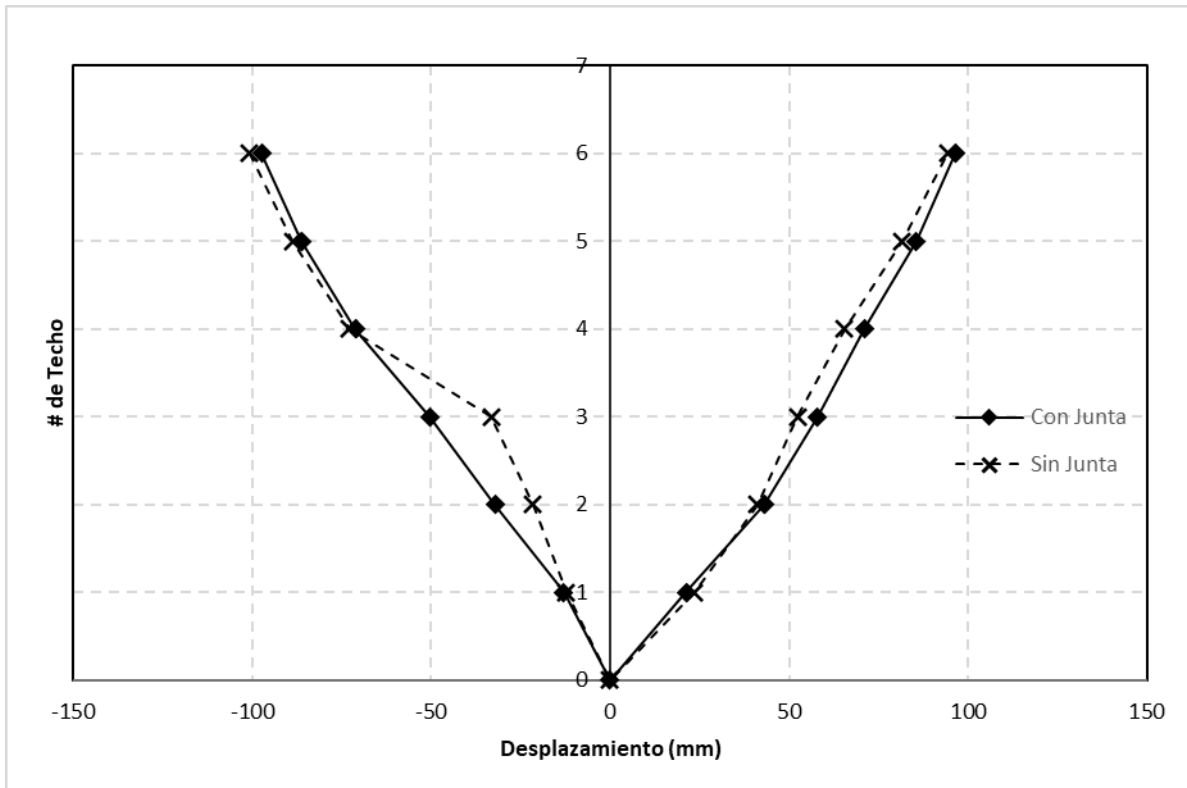


Figura 38. Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de Moyobamba

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Tabla 18

Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de Tocache

# de Techo	Desplazamiento máximo (mm)			
	Con Junta		Sin Junta	
	Min.	Max.	Min.	Max.
6	-96.854	96.583	-93.531	93.517
5	-86.475	86.072	-81.807	81.715
4	-72.197	71.704	-69.008	67.041
3	-53.959	55.477	-34.931	54.662
2	-33.296	41.071	-24.785	39.240
1	-13.476	20.166	-12.256	22.214

Nota. Esta tabla muestra los desplazamientos máximos negativos y positivos en los casos con y sin junta sísmica.

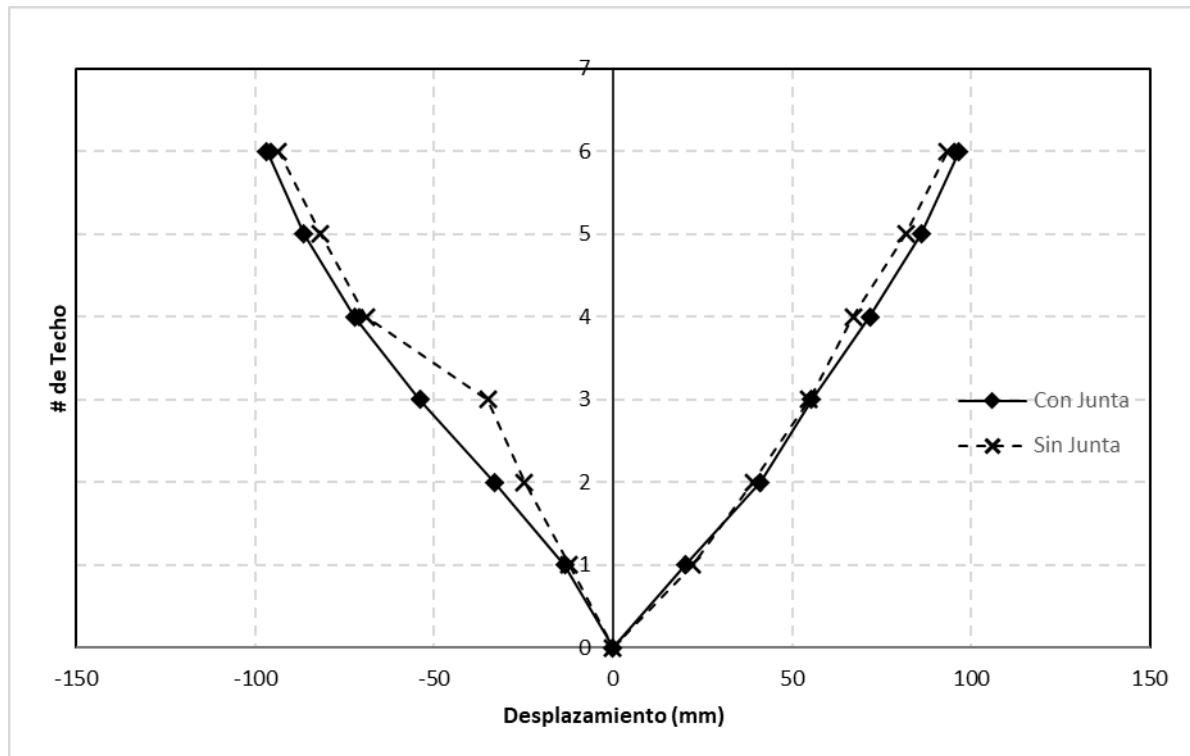


Figura 39. Desplazamiento máximo en los diferentes niveles en la dirección “X”, con el registro sísmico de Tocache

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Las figuras muestran el desplazamiento máximo de puntos en cada nivel de piso para la estructura más alta en dirección X. El desplazamiento máximo, tanto para el caso con junta y sin junta sísmica, ocurre en el nivel del techo del edificio. Así el desplazamiento para el caso con junta es de 97,013 mm y para el caso de sin junta es de 91,996 mm. Se ha reducido en 5,017 mm y esto se da con el acelerograma de San Ignacio y asimismo esta reducción se observa con los demás acelerogramas. Sin embargo, el movimiento máximo de desplazamiento hacia la izquierda muestra un aumento en el caso con junta que es de -94,122 mm mientras que para el caso con junta es de -93,572 mm, esto se da con el acelerograma de San Ignacio, pero también se repite con el acelerograma de Moyobamba, en cambio con el acelerograma de Tocache que muestra una disminución.

En las gráficas analizadas con todos los acelerogramas se observa una misma tendencia que en el lado izquierdo se muestra la configuración deformada cuando los edificios están chocando entre sí, en el caso sin junta sísmica.

Puede deberse a la naturaleza flexible de los edificios más altos que hacen, que se recuperen después de los golpes. Los desplazamientos negativos máximos para los niveles de piso por debajo del tercer nivel son aún más bajos en el caso de sin junta sísmica. Se observa, que el golpeteo reduce el desplazamiento lateral en toda la altura del edificio.

Tabla 19

Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de San Ignacio

# de techo	Derivas (1/1000)	
	Con Junta	Sin Junta
6	3.544	4.704
5	4.850	5.665
4	6.145	6.415
3	6.883	6.437
2	7.308	6.786
1	5.892	5.943

Nota. Esta tabla muestra las derivas por piso en los casos con y sin junta sísmica.

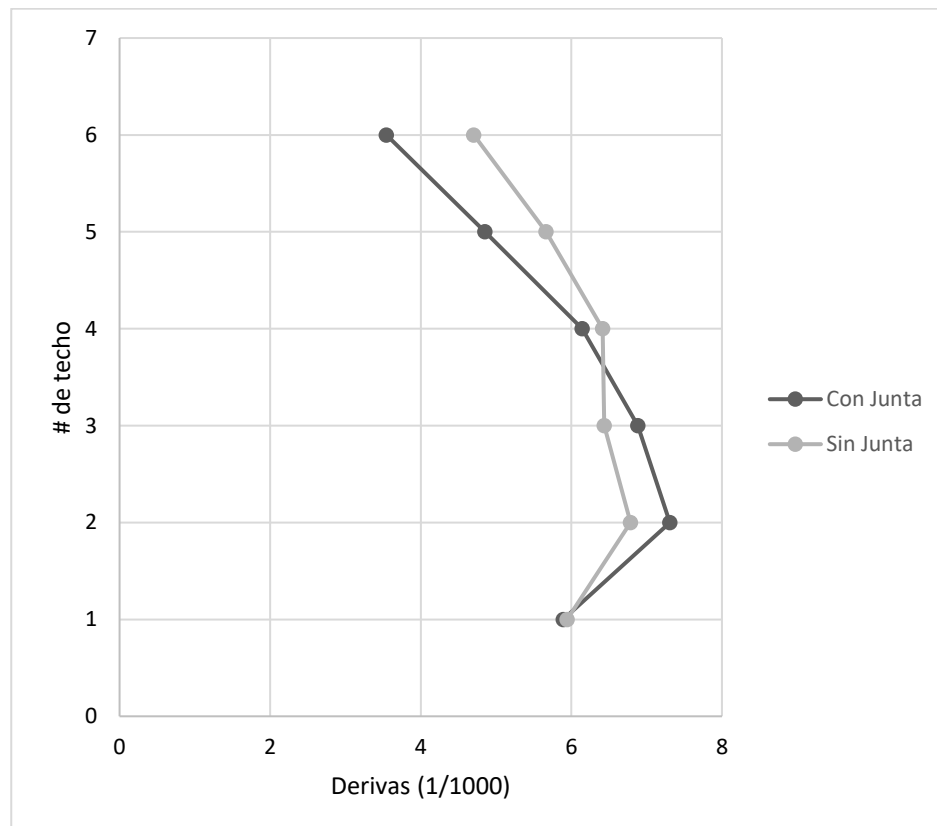


Figura 40. Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de San Ignacio

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Tabla 20

Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Moyobamba

# de Techo	Deriva (1/1000)	
	Con Junta	Sin Junta
6	3.708	4.243
5	4.982	5.388
4	6.184	6.304
3	6.829	6.398
2	7.265	6.923
1	5.902	6.530

Nota. Esta tabla muestra las derivas por piso en los casos con y sin junta sísmica.

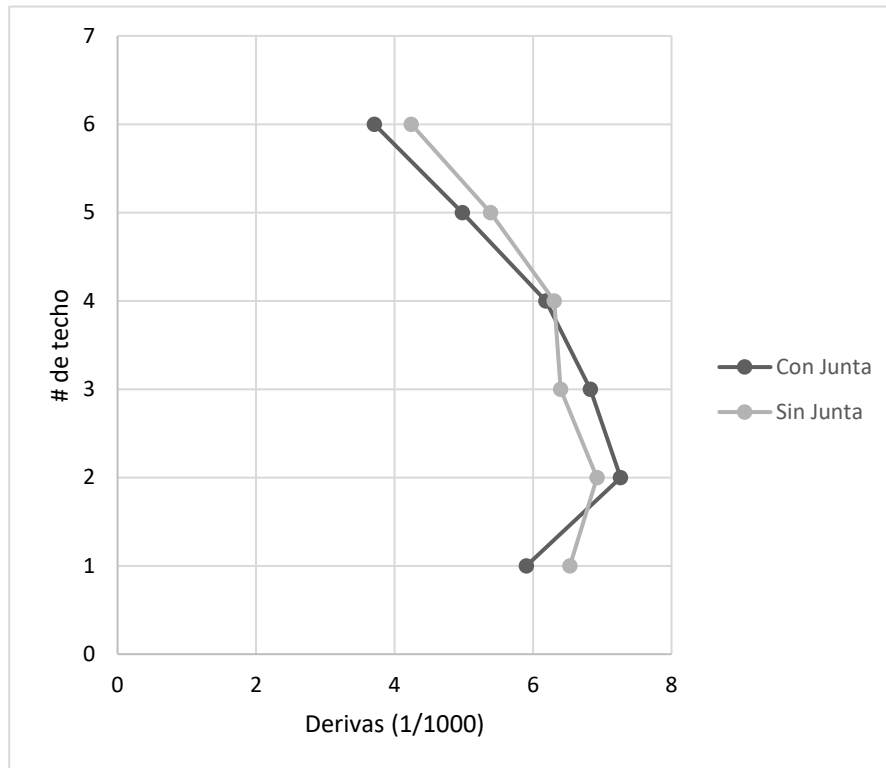


Figura 41. Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Moyobamba

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Tabla 21

Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Tocache

# de Techo	Deriva (1/1000)	
	Con Junta	Sin Junta
6	3.679	4.466
5	4.814	5.719
4	6.085	6.490
3	6.846	6.359
2	6.968	7.302
1	5.602	6.170

Nota. Esta tabla muestra las derivas por piso en los casos con y sin junta sísmica.

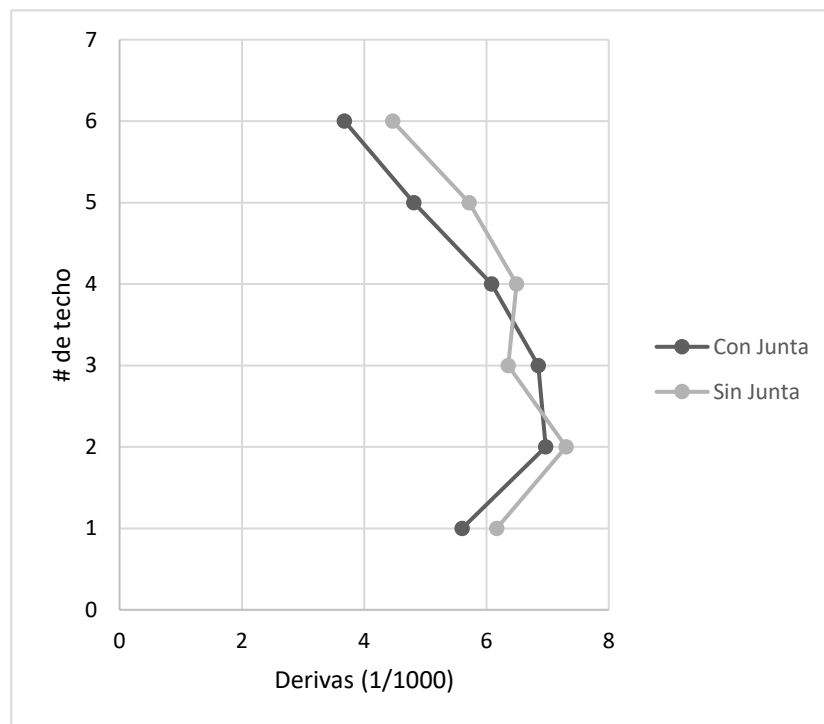


Figura 42. Derivas con junta y sin junta para el edificio de 6 niveles en dirección X, con el registro sísmico de Tocache

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Las figuras muestran la deriva de cada nivel del edificio más alto en dirección X, claramente se ve que la deriva del piso aumenta en los niveles por encima del tercer nivel. Por otro lado, debajo del tercer nivel, la deriva de los pisos tiende a disminuir, todo esto se da en el caso de sin junta sísmica. Tanto para el caso con junta y sin junta sísmica, la deriva de piso más pequeña existe en el primer nivel de la estructura que son: 0,003544 y 0,004704 respectivamente, esto se da con el acelerograma de San Ignacio, pero esta misma tendencia se repite con los demás acelerogramas. La deriva máxima de piso es 0,007302 que se da para el caso de sin junta sísmica y con el acelerograma de Tocache, pero también las derivas máximas son de: 0,007265 y 0,007308, estos para los acelerogramas de Moyobamba y San Ignacio, y esto en el caso de sin junta sísmica, así sobrepasando todos estos valores a los límites establecidos en la (Norma Técnica E. 030, 2019) El golpeteo del edificio más alto crea cortantes de piso por encima del tercer nivel, y en este, se encuentra el nivel de techo del último piso del edificio adyacente. Estos cortantes del piso provoca el aumento de la deriva en cada nivel por encima del tercer piso.

Tabla 22

Cortante de entrepiso con y sin junta sísmica en dirección X, con registro sísmico de San Ignacio

# de Techo	Cortante (tonf)	
	Con Junta	Sin Junta
1	214.523	230.653
2	193.750	194.571
3	162.679	187.386
4	123.696	153.101
5	89.934	122.707
6	46.211	82.667

Nota. Esta tabla muestra las cortantes por piso en los casos con y sin junta sísmica.

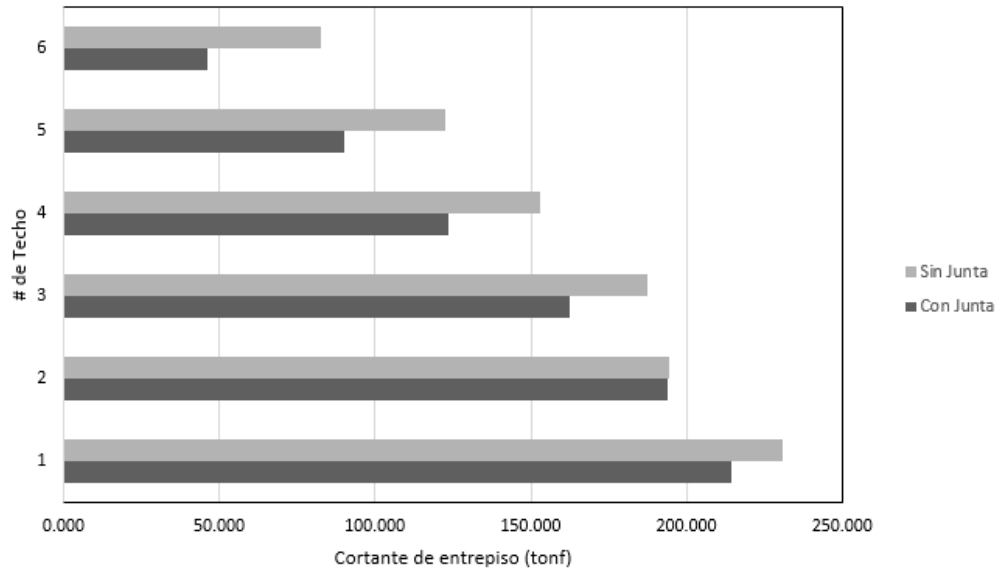


Figura 43. Cortante de entrepiso con y sin junta sísmica en dirección X, con registro sísmico de San Ignacio

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Tabla 23

Cortante de entrepiso con y sin junta sísmica en dirección X, con registro sísmico de Moyobamba

# de Techo	Cortante (tonf)	
	Con Junta	Sin Junta
1	207.502	241.205
2	193.051	191.346
3	164.704	180.841
4	125.396	139.057
5	94.340	105.852
6	49.454	62.236

Nota. Esta tabla muestra las cortantes por piso en los casos con y sin junta sísmica.

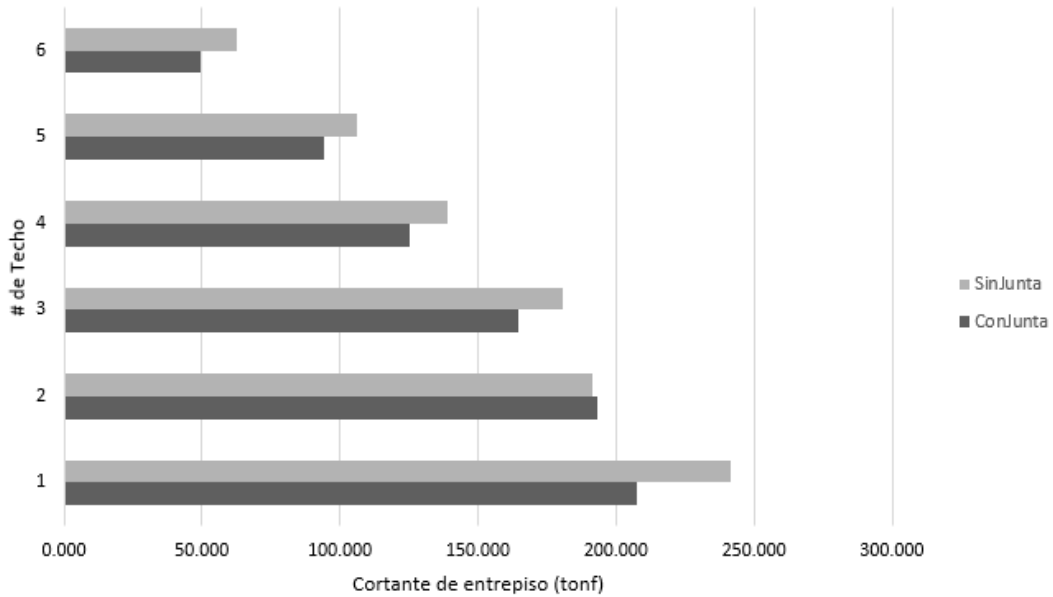


Figura 44. Cortante de entreciso con y sin junta sísmica en dirección X, con registro sísmico de Moyobamba

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

Tabla 24

Cortante de entreciso con y sin junta sísmica en dirección X, con registro sísmico de Tacache

# de Techo	Cortante (tonf)	
	Con Junta	Sin Junta
1	201.172	232.134
2	188.036	208.883
3	160.316	178.109
4	123.995	142.796
5	92.591	115.977
6	48.200	70.694

Nota. Esta tabla muestra las cortantes por piso en los casos con y sin junta sísmica.

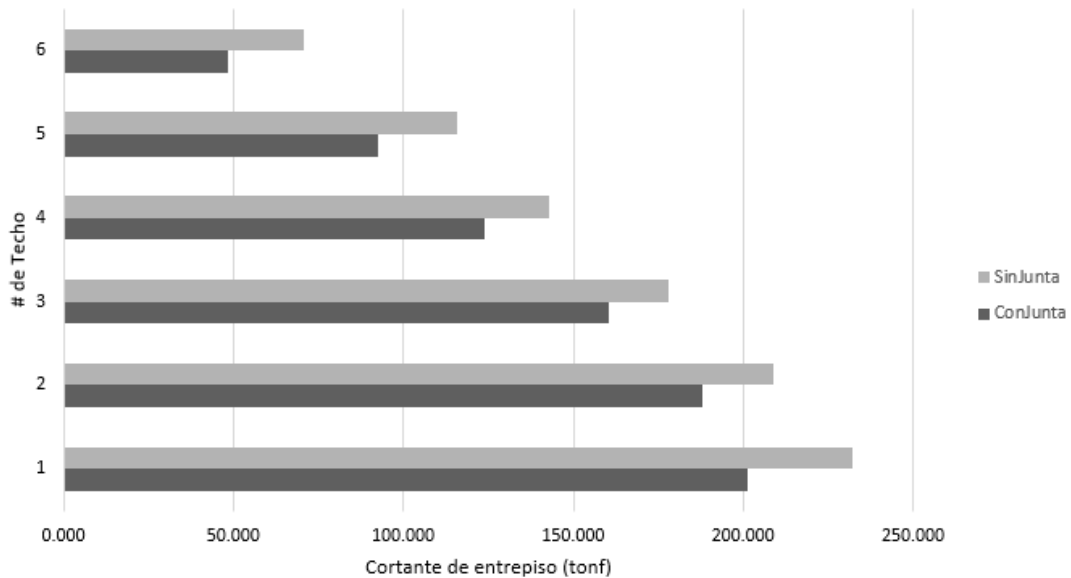


Figura 45. Cortante de entrepiso con y sin junta sísmica en dirección X, con registro sísmico de Tacache

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

En las figuras se muestra la amplificación de corte de entrepiso de cada nivel para los casos con junta y sin junta sísmica. El efecto del golpeteo se puede ver claramente en el fuerte aumento de la cortante desde el tercer piso en el edificio de mayor altura. Asimismo, la mayor cortante de entrepiso siempre se da en el primer nivel del edificio.

Otra tendencia importante que se puede observar es que en el caso que presenta junta sísmica, mayormente en los análisis con los tres acelerogramas, la cortante es mucho menor en comparación con el caso de sin junta sísmica. Por ejemplo, en el piso seis, la cortante es 82,667 tonf, y 46,211 tonf, para el caso sin junta y con junta sísmica respectivamente, eso equivale al 78,89% de aumento de la cortante de piso, y esto analizado con el acelerograma de San Ignacio. Si bien el aumento de la cortante de entrepiso es grande, aunque este mismo

efecto no se da en todos los acelerogramas analizados, esto implica que proporcionar una distancia de separación adecuada entre edificios es una opción viable para reducir daño por golpes.

Tabla 25

Fuerzas de impacto con y sin junta sísmica en cada nivel en dirección X

# de Techo	Fuerza de impacto (tonf)			
	Sin Junta			Con Junta
	San Ignacio	Moyobamba	Tocache	
1	74.193	56.671	54.236	0.000
2	76.075	55.665	65.971	0.000
3	123.620	116.243	106.683	0.000

Nota. Esta tabla muestra las fuerzas de impacto por piso en los casos con y sin junta sísmica.

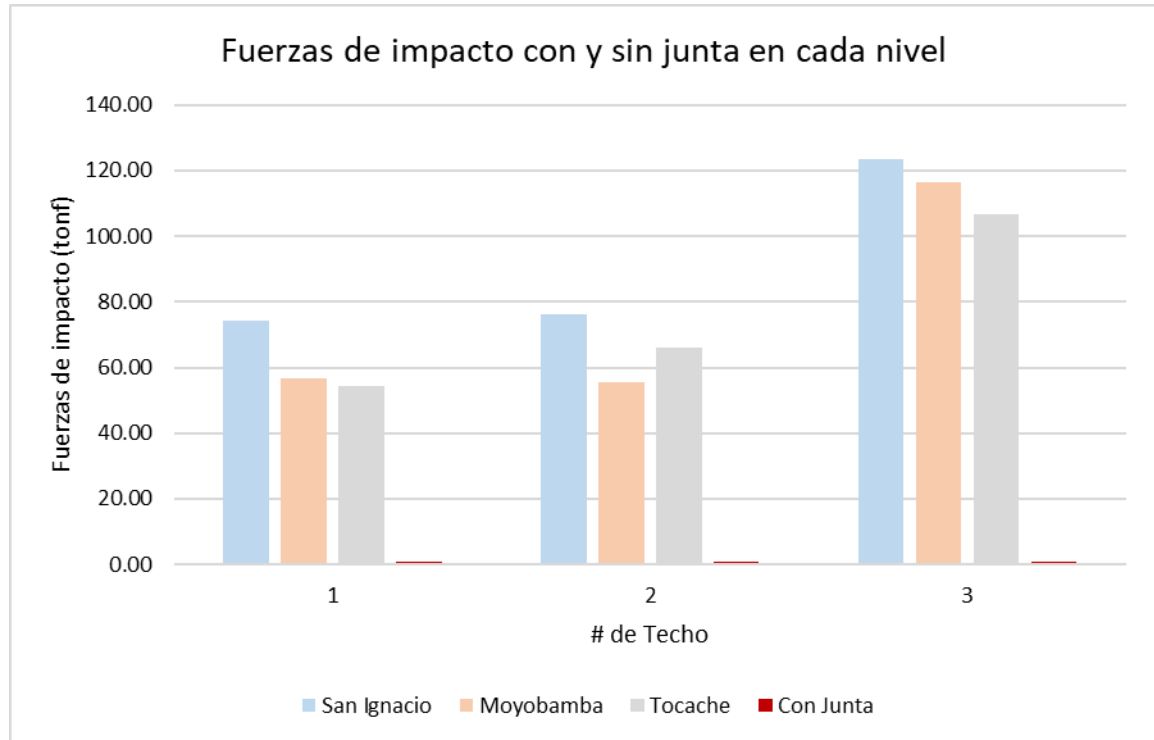


Figura 46. Fuerzas de impacto con y sin junta sísmica en cada nivel en dirección X

Fuente: Elaboración propia – (ETABS)

En la figura se puede apreciar que el edificio al no contar con junta sísmica aumenta, la fuerza de impacto ligeramente en cada piso, por el contrario, al tener junta no hay fuerzas de impacto. La fuerza de impacto solo se da en caso de sin junta sísmica, así que la fuerza máxima de impacto se da en el tercer nivel que fue de 123,62 tonf, 116,24 tonf, y 106,68 tonf, estos resultados son analizados con los acelerogramas de San Ignacio, Moyobamba y Tocache respectivamente. Estos resultados muestran que la distancia de separación adecuada entre las estructuras reducirá significativamente el daño por golpes. Asimismo, la alta fuerza de golpeteo causa una gran diferencia en el desplazamiento entre los niveles del edificio. Así que una fuerza de golpeteo más pequeña es mucho deseable porque reduce las posibilidades de colapso de las estructuras. Esta fuerza de golpeteo adicional puede dañar los elementos estructurales de las estructuras. Las fuerzas de golpeteo entre edificios dependen mucho de las características del registro del terremoto y también de las características dinámicas de los edificios adyacentes. Sin embargo, una distancia de separación muy pequeña puede evitar la acumulación de impulso de las masas en movimiento reduciendo así las fuerzas de impacto.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las limitaciones que se encontraron en la presente investigación, es la necesidad de realizar pruebas o ensayos que proporcionen datos con mayor precisión y certeza, por ejemplo, el ensayo pachómetro, que sirve para determinar la posición de las barras de acero y la dirección de las mismas, al mismo tiempo, nos proporciona información aproximada de la profundidad a la que dichas barras se encuentran, pudiendo conocer el recubrimiento de las armaduras en el elemento estructural y también está el ensayo de esclerometría, que se realiza para estimar la resistencia del concreto.

Como en este estudio no se presentará el diseño ni los planos de ejecución de edificaciones, ya que las estructuras destinadas a esta investigación fueron idealizadas, para no desestimar la normativa presente de diseño sismorresistente de las edificaciones, contempladas en la (Norma Técnica E. 030, 2019) Por tal razón, se ha optado por diseñar dos estructuras con dimensiones regulares para objeto de estudio y simplificación de cálculo para la presente tesis.

De haber modelo de dos estructuras reales, hubiese conllevado, en el caso de haber irregularidades o discontinuidades en el sistema estructural, que no puede ser percibidas a simple vista, a que se pudiesen presentar rotaciones o mayores derivas en algunos puntos. Esto se debe principalmente a la autoconstrucción de edificaciones que se realiza en nuestro país, sin la asesoría adecuada de especialistas en el tema. Eso a su vez, hubiese cambiado los resultados de los análisis.

Por otro lado, el objetivo fue establecer cuanto influye la junta sísmica en el desplazamiento máximo en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado. Se procede a contrastar la hipótesis con los antecedentes de la investigación y los resultados obtenidos para sí poder responder a la pregunta planteada.

A partir de los resultados obtenidos se acepta la hipótesis la junta sísmica influye en el desplazamiento máximo, deriva, cortante de entre piso y fuerza de impacto en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022, los resultados mostraron que existe una relación con los hallazgos de la investigación de (Puneeth & S Karuna, 2015) en su artículo titulado “Efecto de los golpes sísmicos entre edificios adyacentes”. Realizando la comparación de nuestros resultados obtenidos en la investigación en estudio con la investigación de (Puneeth & S Karuna, 2015) donde sostiene que los desplazamientos de las edificaciones con respecto a tiempo historia, en el caso de edificios adyacentes con diferente nivel de piso, el máximo desplazamiento en un edificio de 7 pisos es de 45,48 mm a 3,52 s y en el edificio de 10 pisos el desplazamiento máximo es de 95,64 mm a 3,52 seg. Por lo que se observa que el máximo movimiento fuera de fase de ambos edificios a 3,52 segundos es 61,11 mm que es mayor que la junta de dilatación. Debido a esto la fuerza de impacto del momento de fase se crea en el elemento de separación, la fuerza de impacto máxima es de 1250 KN creado entre los edificios adyacentes.

Así mismo, (Ravindranatha, 2016) Establece que en un edificio de 8 pisos el desplazamiento máximo es de 80,30 mm a 2,2 segundos y en un edificio de 6 pisos el desplazamiento máximo es de 212,53 mm a los 12,8 segundos. Por lo que se observa que el máximo movimiento fuera

de fase de ambos edificios es 192,83 mm que es mayor que la expansión dada articulación, por lo tanto, que es incapaz de acomodar esto fuera de movimiento de fase, y los edificios adyacentes golpearán o chocan entre sí.

Podemos decir, que nuestros resultados si guardan relación con respecto a estos hallazgos encontrados, ya que el desplazamiento máximo en la edificación del tercer piso para el caso con junta es de 89,02 mm, mientras que para el caso sin junta es de solo 85,42 mm, eso equivale al 4,04% de disminución del desplazamiento máximo, todo esto analizado con el acelerograma de San Ignacio. Y para la edificación de 6 pisos su desplazamiento máximo se da en el techo, en el caso con junta es de 97,013 mm y para el caso de sin junta es de 91,996 mm. Se ha reducido en 5,017 mm y esto se da con el acelerograma de San Ignacio y asimismo esta reducción se observa con los demás acelerogramas. Sin embargo, el movimiento máximo de desplazamiento hacia la izquierda muestra un aumento en el caso con junta que es de -94,122 mm mientras que para el caso con junta es de -93,572 mm, esto se da con el acelerograma de San Ignacio, pero también se repite con el acelerograma de Moyobamba, en cambio con el acelerograma de Tocache que muestra una disminución.

Por otro lado, tenemos a (Castillo & Flores, 2019) quien nos indica que, en sus resultados con respecto al caso de golpeteo entre estructuras adyacentes de concreto armado de 5 y 12 pisos sin una adecuada junta de separación sísmica, la fuerza cortante en la base se aumenta por lo menos cuatro veces su valor sin golpeteo, pasando de 635.3tnf en análisis dinámico a 3,092.7tnf en análisis tiempo historia (se debe de tener en consideración que este incremento solo se va a presentar si el sismo que genere el golpeteo entre estructuras presente las mismas

características del sismo utilizado). Este resultado no resulta el más importante, ya que la falla se produce en el punto de golpeteo más alto y no en la base (ya que no colapsa la edificación por completo). La fuerza de golpeteo disminuye en 0.20% en el quinto nivel entre los dos edificios adyacentes a medida que la distancia de separación aumenta con una variación de 20 mm gradualmente. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla, como se observa en el caso que presenta junta sísmica, mayormente en los análisis con los tres acelerogramas, la cortante es mucho menor en comparación con el caso de sin junta sísmica. Por ejemplo, en el piso seis, la cortante es 82,667 tonf, y 46,211 tonf, para el caso sin junta y con junta sísmica respectivamente, eso equivale al 78,89% de aumento de la cortante de piso, y esto analizado con el acelerograma de San Ignacio. Si bien el aumento de la cortante de entrepiso es grande, aunque este mismo efecto no se da en todos los acelerogramas analizados, esto implica que proporcionar una distancia de separación adecuada entre edificios es una opción viable para reducir daño por golpes.

El fenómeno del golpeteo sísmico ha sido la causa principal del inicio del colapso en muchos terremotos registrados. El daño severo causado por los golpes se puede notar fácilmente cuando fuertes terremotos golpean ciudades metropolitanas y áreas urbanas densamente pobladas. El golpeteo es un fenómeno muy complejo; podría provocar daños en los muros, deformaciones plásticas, falla por cortante de la columna, asentamientos y posible colapso de la estructura. Es por eso que, en esta presente investigación, se trata de dar a conocer la importancia de contar con una distancia optima entre edificaciones adyacentes.

Los resultados anteriores, sin embargo, son estrictamente aplicables a estructuras sujetas a impactos unilaterales y no necesariamente al caso más común de una hilera de edificios en una manzana de una ciudad, donde los impactos de dos lados afectarán a todos menos al edificio final en la fila.

Asimismo, estos resultados indican que el golpeteo puede causar sobreesfuerzos elevados, principalmente cuando la colisión entre estructuras tiene alturas, periodos o masas significativamente diferentes. Esto sugiere una posibilidad de introducir en la normativa un conjunto de condiciones y disposiciones especiales como alternativa al requisito de separación sísmica. Además, requisitos especiales de diseño para muros y columnas ubicados en los lados sujetos a golpeteos. Esto en ciudades sísmicamente activas, donde sea alto el costo del terreno en las áreas metropolitanas o el tamaño pequeño de los lotes en muchas ciudades, y también cuando un nuevo edificio será adyacente a los existentes construidos en las líneas divisorias de la propiedad. Aunque para optar por estas medidas, se requieren estudios adicionales con modelos estructurales más sofisticadas.

Por otro lado, es necesario tomar en consideración que en la ciudad de Cajamarca mayormente las edificaciones se hacen de manera informal, no respetando las Normas técnicas y más aun sabiendo que Cajamarca se encuentra en una zona sísmica, en ese sentido, al construir un nuevo edificio se debería cumplir con las distancias optimas entre estructuras, para así evitar daños a los elementos estructurales que produce el golpeteo sísmico.

Para mejorar esta investigación se recomienda realizar estudios con estructuras adosadas losa – columna, estructuras irregulares, asimismo estos edificios deben contar con alturas de

entrepiso diferentes. Para obtener resultados más amplios se deberían realizar modelos considerando diferentes tipos de suelos; También realizar análisis a dos o más edificaciones adyacentes en una misma hilera.

Conclusiones

En base al análisis realizado sobre el efecto del golpeteo sísmico en las edificaciones se obtienen las siguientes conclusiones:

La respuesta del edificio se ve muy afectada en la dirección del impacto (eje X), así disminuyendo los desplazamientos máximos, aumentado las derivas, cortantes de entrepiso y además generando fuerzas de impacto entre edificios, que estas a su vez pueden dañar gravemente los elementos estructurales de las estructuras.

Los desplazamientos máximos disminuyen ligeramente, en el caso de sin junta sísmica en comparación al caso contrario, esto porque los movimientos de las estructuras se bloquean entre sí, además la edificación más alta sufre un aumento considerable del desplazamiento desde el tercer piso, debido a que la otra estructura adyacente ya no lo impida moverse libremente.

Las derivas de los pisos aumentan, en el caso de sin junta sísmica, es decir, va aumentando gradualmente desde el tercer piso, aunque la menor deriva siempre se da en el último piso, en ambos casos, con y sin junta sísmica.

Las cortantes de entrepiso aumentan, en el caso de sin junta sísmica, es decir, va aumentando gradualmente desde el tercer piso, aunque la mayor deriva siempre se da en el primer piso, en ambos casos, con y sin junta sísmica.



“Golpeteo sísmico en estructuras adyacentes aporticadas de
concreto armado, Cajamarca - 2022”

La fuerza de impacto solo se da, en el caso de no contar con junta sísmica, y esta fuerza va aumentando ligeramente en cada piso, así que la fuerza máxima de impacto se da en el tercer nivel. Por lo tanto, la junta sísmica permite que el edificio vibre dentro de la distancia de separación, es decir, 6.94 cm y así disminuyendo el efecto de las fuerzas sísmicas sobre los edificios.

REFERENCIAS

- Amruta Sadanand, T. (2014). Seismic pounding effect in building. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52018200/IRJET-V4I2124-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1653534852&Signature=cFOR9ZcjF7SmKxx6BUEz1k8fLMZFeYBdySg7v0iHIEfh-mLAAvkyBvlnG5zv8NapwBvXUXLRdwMfq7dR9jqt-hM6nPULPGbi3QaSrVLAj3CYNdel5MFSNJw9rgbzyHj0AsFposo82TmMB>
- Alva Hurtado, J. (2015). Diseño de cimentaciones. *Fondo Editorial ICG*.
- Astorga, A., & Rivero, P. (2009). Patologías en las edificaciones. *CIGIR*.
- Barros, L., & Peñafiel, M. (2015). *Análisis comparativo económico – estructural entre un sistema aporticado, un sistema aporticado con muros estructurales y un sistema de paredes portantes, en un edificio de 10 pisos*. Quito, Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10314/3/CD-6143.pdf>
- Casana, G. (2018). *Desempeño sísmico de un edificio de 14 pisos con disipadores de energía en la ciudad de Tumbes - 2018*. Trulillo, Perú. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12863>
- Castillo, S., & Flores, J. (2019). *Análisis de la interacción entre estructuras adyacentes*. Lima, Perú. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628036/Castillo_MS.pdf?sequence=3
- Cennamo, C., & Di Fiore, M. (2013). Structural, seismic and geotechnical analysis of the Sant' Agostino church in L'Aquila.
- Chandra, R., Kiran, R., & Pradeep, R. (2014). *POUNDING PROBLEMS IN URBAN AREAS* (Vol. 3). Andhra Pradesh, India: Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Tecnología. Obtenido de <https://ijret.org/volumes/2014v03/i09/IJRET20140309076.pdf>
- Chavez Trigoso, J., Melendez Gomez, M., Sinchi Puella, S., & Hurtado Anampa, E. (2013). Analisis estatico no lineal de una estructura porticada esencial. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas*.
- Chetan, C., Anand, J., & Hemraj, K. (2014). *SEISMIC POUNDING BETWEEN ADJACENT BUILDING STRUCTURES SUBJECTED TO NEAR FIELD GROUND MOTION* (Vol. 3). Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Tecnología. Obtenido de <https://ijret.org/volumes/2014v03/i21/IJRET20140321013.pdf>
- CSI. (2018). *Computers & Structures Inc*. Obtenido de <http://www.csi.com/software/8/safe>.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6 ed.). Mexico: Universidad de Celaya. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera Reyes, I., Vielma, J., Ugel, R., & Martínez, Y. (2012). Evaluación del comportamiento sismorresistente y diseño óptimo de un edificio existente de concreto

- armado de baja altura. *Revista INGENIERÍA UC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732639007>
- Lezama, E. (2017). *Comparación de derivaciones por solicitudes sísmicas según normas e-030 de 2003 y 2016 en proyecto de una nueva edificación*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Retrieved from <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2779>
- Mosqueira, M. (2012). *Riesgo Sísmico en las edificaciones de la facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cajamarca*. Cajamarca, Perú. Retrieved from <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8202>
- Muñoz, A. (2020). *Comentarios de la norma E030 Diseño sismorresistente*. Lima, Perú. Retrieved from https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1129512/COMENTARIOS_A_LA_NORMA_PERUANA_E.030_DISE%C3%91O_SISMORRESISTENTE.pdf
- Nieto, M., & Rivero, P. (2016). Linear dynamic analysis of historical building. *Revista Ciencia e Ingeniería*.
- Nishath, P., & Abhilash, P. (2017). SEISMIC POUNDING EFFECTS ON ADJACENT TALL BUILDINGS – A REVIEW. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*.
- NK, A. (2016). *Evaluación de golpes sísmicos entre adyacentes edificio RC* (Vol. 3). Kerala, India: Revista internacional de investigación innovadora en Ciencia y Tecnología. Retrieved from https://www.academia.edu/29170010/Evaluation_of_Seismic_Pounding_between_Adjacent_RC_Building
- Norma Técnica E. 030. (2019). *E 030 Diseño sismorresistente*. Retrieved from https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/299950/d289856_opt.pdf
- Parrales, R. (2017). *Comportamiento sísmico de estructuras adosadas losa con losa y evaluación de efectos asociados al impacto entre estructuras*. Santiago de Guayaquil, Ecuador: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Retrieved from <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/9158>
- Perez, E. (2020). *Diseño de investigación no experimental*. Academia.edu. Retrieved from https://www.academia.edu/15804921/Dise%C3%B1o_de_investigaci%C3%B3n_no_experimental
- Puneeth, M., & S Karuna. (2015). *EFFECT OF SEISMIC POUNDING BETWEEN ADJACENT BUILDINGS* (Vol. 4). Revista Internacional de Investigación en Ingeniería y Tecnología. Retrieved from <https://ijret.org/volumes/2015v04/i07/IJRET20150407034.pdf>
- Quraishi, I., & Sangeeta, S. (2016). *STUDY OF POUNDING MITIGATION TECHNIQUE BY USE OF ENERGY DISSIPATION DEVICES*. Maharashtra India. Retrieved from https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJCIET/VOLUME_7_ISSUE_4/IJCIET_07_04_037.pdf

- Raja Rizwan, H. (2013). Non-linear FEM Analysis of seismic induced pounding. Retrieved from <https://www.scielo.br/j/lajss/a/7JSNqcDfkhBQhpMxyP7Xqw/?format=pdf&lang=en>
- Rajesh P , D., D.K. , B., & Athol , C. (2010). Building Pounding State of the Art: Identifying Structures Vulnerable to Pounding Damage. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/46118013_Building_Pounding_State_of_the_Art_Identifying_Structures_Vulnerable_to_Pounding_Damage
- Ravindranatha, e. (2016). DZA study of seismicpounding effect between adjacent buildings and its mitigation by using different type of bracing systems. 5. Retrieved from <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/52018200/IRJET-V4I2124-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1653534852&Signature=cFOR9ZcjF7SmKxxz6BUEz1k8fLMZFeYBdySg7v0iHIEfh-mLAAvkyBvlnG5zv8NapwBvXUXLRdwMfq7dR9jqt-hM6nPULPGbi3QaSrVLAj3CYNdel5MFSNJw9rgbzyHj0AsFposo82TmMB>
- Reglamento Nacional de Edificaciones – E. 020 . (2020). *Reglamento Nacional de Edificaciones – E. 020 cargas* (Primera edición digital ed.). Lima, Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/15atg-9w0OEXjR5C1m6IXUFihwYeUh1aN/view>
- Reglamento Nacional de Edificaciones - E. 030. (2020). *Norma E.030 Diseño sismoresistente* (Primera edición digital ed.). Lima, Perú: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. Retrieved from <https://drive.google.com/file/d/1W14N6JldWPN8wUZSqWZnUpHg6C559bi-/view>
- Ricalde, G. (2019). Análisis Dinámico comparativo Modal espectral Vs Tiempo historia de una estructura con muros de ductilidad limitada. Villa el Salvador, Perú. Retrieved from <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49656>
- Rojas, M., & Vásquez , A. (2020). *Estado del arte del método de los elementos aplicados en la simulación del golpeteo sísmico*. Piura, Perú.: Universidad de Piura. Retrieved from <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4920?locale-attribute=en>
- SEISMOSOFT. (2019). *Seismosignal*. Obtenido de <http://seismosoft.com/company/>
- Urcia, M., & Moncayo, V. (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*. Lima, Perú. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/items/96240ed2-3575-498b-a119-43bf5360c752>
- Warnotte, V., Stoica, D., Majewski, S., & Voiculescu, M. (2007). State of the art in the pounding mitigation techniques. *Intersections*.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 26. *Matriz de consistencia*

GOLPETEO SISMICO EN ESTRUCTURAS ADYACENTES APORTICADAS DE CONCRETO ARMADO, CAJAMARCA - 2022							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION
General	General	General	INDEPENDIENTE				
¿De qué manera influye el golpeteo sísmico en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022?	Evaluar la influencia del golpeteo sísmico en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022	El golpeteo sísmico influye en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022	Estructuras adyacentes	Junta sísmica	Junta (cm)	NTP 0.30	Método: Inductivo - científico Tipo: Aplicada Nivel: Descriptivo - y Explicativo - causa efecto Diseño: no experimental cuantitativa – transversal
Específicos	Específicos	Específicos	DEPENDIENTE				Enfoque: Cuantitativo Población: Viviendas aporticadas de concreto armado de 3 y 6 pisos que no presenten junta sísmica Muestra: 2 viviendas aporticadas de concreto armado de 3 y 6 pisos ubicadas en el distrito de Cajamarca
¿Cuánto influye la junta sísmica en el desplazamiento máximo en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022?	Establecer cuanto influye la junta sísmica en el desplazamiento máximo en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022	La junta sísmica influye en el desplazamiento máximo en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022		Desplazamiento máximo	Desplazamiento lateral (mm)		

¿Cuánto influye las juntas sísmicas en las derivas de ambas estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022?	Establecer cuanto influye la ausencia de juntas sísmicas en las derivas de ambas estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022	La junta sísmica influye en las derivas de ambas estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022	Golpeteo sísmico	Deriva	Deriva (adimensional)	NTP 0.30 SeismoSignal SeismoMatch ETABS	Muestreo: No probabilístico Técnica: observación estructurada, directa Instrumentos: ETABS, SeismoSignal, SeismoMatch
¿Cuánto influye la junta sísmica en la cortante de entrepiso en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022?	Establecer cuanto influye la ausencia de junta sísmica en la cortante de entrepiso en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022	La junta sísmica influye en la cortante de entrepiso en estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022		Cortante de entrepiso	Peso del edificio Fuerzas de entrepiso Centro de masas		
¿Cuánto influye las juntas sísmicas en la fuerza de impacto de estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022?	Establecer cuanto influye la ausencia de juntas sísmicas en la fuerza de impacto de estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022	La junta sísmica influye en la fuerza de impacto de estructuras adyacentes aporticadas de concreto armado Cajamarca - 2022		Fuerza de impacto	Fuerza por piso (Tn)		