

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de estructuras aporticadas en el sector de Antabamba Baja Tamburco 2024.

Asesor:

Dr. Soto Palomino, Wilfredo

Autor:

Huarhua Quispe, Wildon

Para optar el título profesional de:

Ingeniero civil

Abancay - Apurímac - Perú

2025

Acta de sustentación



Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 089

En la ciudad de Abancay, a los veintinueve días del mes de **diciembre del 2025**, siendo las **11:00 am** horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° **1085-2025- EPIC-FI-UTEA-SA** de fecha **19 de diciembre del 2025**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente	: Mag. Huanca Astoquillca, Luis
Dictaminante	: Dr. Alarcón Camacho, Erick
Replicante	: Dra. Vera Teves, Rosa Marina

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

Evaluación de la vulnerabilidad sísmica en vivienda de estructuras aporticadas en el sector de Antabamba Baja Tamburco 2024

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

Br: Huarhua Quispe, Wildon

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Concluido el acto, el Jurado dictaminó que el (la) (los) mencionado(a) (s) bachiller (es) fue (ron) **APROBADO (S)**:

Por: Mayoría
(Unanimidad o Mayoría) (*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Huarhua Quispe, Wildon	Aprobado

Siendo las **13:08pm** horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. Huanca Astoquillca, Luis

Dictaminante: Dr. Alarcón Camacho, Erick

Replicante: Dra. Vera Teves. Rosa Marina

Abancay 05 de enero del 2026

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 395

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
Ciudad Universitaria Av. Perú N° 700, Abancay, Central Telefónica 051 (083) 321559
Filial Cusco, Av. Grau N° 516, Teléfono (084) 251565
Filial Andahuaylas, Av. Juan Antonio Trelles N° 513 Teléfono (083) 421752
www.utea.edu.pe

(*): Mayoría: Dos integrantes del jurado aprueban o desaprueban; Unanimidad: Todos los integrantes del jurado aprueban o desaprueban, Art. 18 RGGAT.
(**): 0 a 10: Desaprobado, 11 a 15: Aprobado, 16 a 18: Aprobado Notable, 19 y 20: Aprobado con Distinción, Art. 18 RGGAT.

Reporte de similitud






22% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 19%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos

Datos del Autor	
Apellidos y nombres	: Huarhua Quispe Wildon
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 46458001
URL ORCID	: https://orcid.org/0009-0008-9910-6329
Datos del Asesor	
Apellidos y nombres	: Soto Palomino Wilfredo
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 41934951
URL ORCID	: https://orcid.org/0000-0001-5926-8077
Datos de la investigación	
Facultad	: Ingeniería
Escuela Profesional	: Ingeniería Civil
Línea de Investigación	: Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	: 2024-2025
Fuente de financiamiento	: Autofinanciado
Porcentaje de similitud	: 22 %
URL de OCDE	: Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01

Dedicatoria

Con profundo agradecimiento, dedico este esfuerzo a mi madre, cuya fortaleza y amor han sido mi mayor impulso. A quienes me han guiado con sus enseñanzas y ejemplo, y a los amigos que, con su apoyo, Este logro es un reflejo de la confianza y el aliento que me brindaron, recordándome siempre que los sueños se alcanzan con perseverancia y gratitud.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mi madre, por ser el pilar que me sostiene con su amor y apoyo incondicional. A mis profesores, quienes con notables paciencia y entrega compartieron su vasta experiencia, por último, mi agradecimiento a todos aquellos que contribuyeron a este logro, brindándome inspiración y confianza para alcanzar esta meta.

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el grado de vulnerabilidad sísmica de viviendas estructurales aporricadas en el sector de Antabamba Baja – Tamburco, evaluando su comportamiento ante eventos sísmicos mediante análisis estructural, configuración y respuesta dinámica. La investigación fue de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, utilizando datos obtenidos de bases como Scopus y Web of Science, complementados con estudios previos sobre vulnerabilidad sísmica en estructuras similares. Los resultados mostraron que las derivas máximas en niveles intermedios, como Story3, superaron los límites establecidos por la Norma E.030, evidenciando insuficiente rigidez lateral. Asimismo, se detectaron desalineaciones entre los centros de masa y rigidez, lo que incrementa los efectos torsionales y el riesgo de colapso ante sismos moderados o severos. Se concluye que las viviendas presentan una alta vulnerabilidad sísmica, recomendándose implementar medidas como reforzamientos estructurales en niveles críticos, redistribución de masas y sistemas de disipación de energía. Además, se sugiere capacitar técnicamente en normativas sismorresistentes para mejorar la calidad constructiva y reducir riesgos en futuras edificaciones. Este trabajo proporciona un enfoque integral para la mitigación de riesgos sísmicos y contribuye a la seguridad estructural en zonas vulnerables.

Palabras clave: vulnerabilidad, sismos, estructuras, rigidez, estabilidad.

Abstract

The aim of this study was to analyze the degree of seismic vulnerability of frame-structured housing in the sector of Antabamba Baja – Tamburco, evaluating its behavior during seismic events through structural analysis, configuration, and dynamic response. The research was applied in nature with a quantitative approach, using data from databases such as Scopus and Web of Science, complemented by previous studies on seismic vulnerability in similar structures. The results showed that the maximum inter-story drifts, such as those in Story3, exceeded the limits established by the E.030 Standard, evidencing insufficient lateral stiffness. Furthermore, misalignments between the centers of mass and rigidity were detected, increasing torsional effects and the risk of collapse during moderate or severe earthquakes. It is concluded that the houses present a high level of seismic vulnerability, recommending the implementation of measures such as structural reinforcements in critical levels, mass redistribution, and energy dissipation systems. Additionally, technical training in seismic-resistant standards is suggested to improve construction quality and reduce risks in future buildings. This study provides a comprehensive approach to mitigating seismic risks and contributes to structural safety in vulnerable areas.

Key words: vulnerability, earthquakes, structures, stiffness, stability.

Índice General

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Reporte de similitud	iii
Metadatos	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
Índice General	ix
Índice de tablas	xii
Índice de Figuras	xiii
Índice de Anexos	xiv
I. Introducción	15
II. Planteamiento del problema	17
2.1. Descripción y formulación del problema.....	17
2.1.1. Problema General.....	18
2.1.2. Problemas Específicos	19
2.2. Objetivos	19
2.2.1. Objetivo general.....	19
2.2.2. Objetivos específicos	19

2.3. Justificación e importancia.....	19
2.4. Hipótesis.....	20
2.4.1. Hipótesis General.....	20
2.4.2. Hipótesis específicas.....	20
2.5. Variables.....	21
III. Marco teórico.....	23
3.1. Antecedentes.....	23
3.2. Bases teóricas.....	30
3.2.1. Estructuras aporricadas.....	30
3.2.2. Vulnerabilidad sísmica.....	34
3.3. Definición de términos.....	41
IV. Metodología.....	43
4.1. Tipo y Nivel de Investigación.....	43
4.2. Ámbito Temporal y Espacial.....	44
4.3. Población y Muestra.....	45
4.4. Instrumentos.....	46
4.5. Procedimientos.....	46
4.6. Análisis de datos.....	47
4.7. Consideraciones éticas.....	48
V. Resultados y discusión.....	50
5.1. Resultados.....	50
5.2. Discusiones.....	64

VI. Conclusiones	66
VII.Recomendaciones	67
VIII. Referencias.....	68
IX. Anexos	75

Índice de tablas

Tabla 1. Esquematización de la estructura de variables y sus respectivos indicadores.	22
Tabla 2. Periodos de frecuencia vivienda N°01.....	50
Tabla 3. Periodos de frecuencia vivienda N°02.....	51
Tabla 4. Desplazamiento del centro de masa vivienda N°01	54
Tabla 5. Desplazamiento del centro de masa vivienda N°02	55
Tabla 6. Desplazamiento de entrepisos (derivadas) Vivienda N°01.....	57
Tabla 7. Desplazamiento de entrepisos (derivadas) Vivienda N°02.....	57
Tabla 8. Reacción en la base Vivienda N°01.	59
Tabla 9. Reacción en la base Vivienda N°02.	59
Tabla 10. Reacción en la base Vivienda N°01.	61
Tabla 11. Índices de participación en la carga modal Vivienda N°01.....	615
Tabla 12. Reacción en la base Vivienda N°02.	62
Tabla 13. Índices de participación en la carga modal Vivienda N°02.....	63

Índice de Figuras

Figura 1. Resumen de periodos de frecuencia vivienda N°01.....	50
Figura 2. Resumen de periodos de frecuencia vivienda N°02.....	51
Figura 3. Resumen de los Periodos de frecuencia	53
Figura 4. Resumen de los desplazamientos del centro de masa	56
Figura 5. Resumen de desplazamientos máximos de entrepisos (derivadas).....	58
Figura 6. Resumen de desplazamientos máximos de entrepisos (derivadas).....	60

Índice de Anexos

Anexo N° 1: Matriz de consistencia.....	76
Anexo N° 2: Matriz de operacionalización de variables.....	77
Anexo N° 3: Estudio de suelos.	78
Anexo N° 4: Prueba para comprobar la resistencia del concreto con esclerómetro ...	117
Anexo N° 5: Modelamiento de ETABS.....	121
Anexo N° 6: Planos de las viviendas.	146

I. Introducción

Garantizar la seguridad sismorresistente en las áreas urbanas constituye uno de los retos prioritarios en la praxis de la ingeniería civil del Perú. Bajo este escenario la seguridad de los residentes y capacidad resistente del inmueble se ven constantemente amenazadas por eventos sísmicos. Particularmente en las viviendas con estructuras aporricadas muestran una susceptibilidad elevada debido a errores críticos en el diseño y ejecución. Esta problemática se agrava por omisión de estándares normativos sismorresistentes y la inexistencia de una supervisión técnica adecuada.

El sector de Antabamba Baja – Tamburco es una zona que evidencia esta problemática, ya que muchas de sus viviendas presentan configuraciones estructurales irregulares y materiales con limitada capacidad para resistir movimientos sísmicos. Este estudio tiene como finalidad analizar el nivel de vulnerabilidad sísmica en dichas edificaciones, orientado a precisar las carencias sustanciales y proponer soluciones estructurales basadas en las normativas vigentes.

El presente trabajo se halla segmentado en cinco capítulos diferenciadas la fase de apertura se centra en la problemática y los fines estratégicos. El segundo capítulo corresponde al marco teórico, en el que desarrollan conceptos relacionados con la vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y normativas aplicables, apoyados en antecedentes relevantes.

Respecto a la metodología, el tercer capítulo detalla el diseño de investigación y los instrumentos de empleados en la recolección y procesamiento de la información. El apartado se centra en la exposición y análisis de los resultados obtenidos, permitiendo evaluar el grado de vulnerabilidad estructural en función de los objetivos trazados. Por último la sección de cierre sintetiza los hallazgos fundamentales en forma de conclusiones,

planteando sugerencias estratégicas, orientadas a mejorar la seguridad estructural de las edificaciones en el sector y a proponer estrategias de mitigación ante sismos.

Este estudio propone contribuir al mejoramiento de la seguridad estructural en zonas vulnerables y servir como referencia para investigaciones futuras en contextos similares.

II. Planteamiento del problema

2.1. Descripción y formulación del problema

En el contexto mundial, diversos estudios recientes han evidenciado que las edificaciones de concreto armado con sistemas aporticados, ubicadas en regiones de elevada actividad sísmica, presentan un comportamiento estructural desfavorable cuando fueron concebidas bajo normativas obsoletas o ejecutadas sin criterios modernos de diseño sismorresistente. Investigaciones desarrolladas en ciudades altamente sísmicas, como Ciudad de México, han demostrado que la presencia de irregularidades estructurales, deficiencias en la ductilidad de los elementos resistentes y configuraciones inadecuadas de diafragmas incrementan significativamente la probabilidad de colapso ante eventos sísmicos severos (Ordaz et al., 2024). Asimismo, estudios comparativos en América Latina señalan que el crecimiento urbano informal y la escasa fiscalización técnica continúan siendo factores clave que influye a la elevada vulnerabilidad estructural de viviendas aporticadas, incluso en países con normativas sísmicas avanzadas (Quinatoa, 2022).

En el contexto nacional peruano, la problemática adquiere una connotación crítica debido a la coexistencia de una alta peligrosidad sísmica con un parque habitacional mayoritariamente autoconstruido. Investigaciones desarrolladas en distintas regiones del país evidencian que numerosas viviendas aporticadas se encuentran por debajo de los estándares establecidos en la Norma Técnica E.030, especialmente en lo referido a control de derivas, regularidad estructural y adecuada distribución de rigidez y masa (Castillo, 2024). De manera concordante, estudios realizados en zonas urbanas y periurbanas del territorio Peruano se ha constatado que una fracción superior al 50 % de las viviendas evaluadas presentan condiciones vulnerables alta, atribuibles a precariedad en proceso de

edificación, el vacío en la fiscalización profesional y uso inadecuado de materiales (Montejo & Rojas, 2021).

Dentro de la realidad circundante del sector de Antabamba Baja, en el distrito de Tamburco, refleja de forma tangible esta problemática estructural. La zona se caracteriza por la presencia predominante de viviendas de concreto armado con sistemas aporticados construidas de manera progresiva, muchas de ellas sin estudios de suelos, sin diseño estructural formal y con modificaciones posteriores que alteran la configuración original. Investigaciones desarrolladas en Abancay y su entorno inmediato han señalado que este tipo de edificaciones presenta una respuesta sísmica deficiente, especialmente frente a acciones laterales, debido a irregularidades en altura, concentraciones de masa en niveles superiores y baja rigidez lateral (Luna, 2021). A ello se suma que las condiciones geotécnicas locales y la limitada planificación urbana incrementan el riesgo sísmico, generando un escenario de alta exposición para la población (Municipalidad de Tamburco [MDT], 2020).

En este contexto, la ausencia de evaluaciones estructurales actualizadas en las viviendas aporticadas de Antabamba Baja genera un vacío técnico que impide conocer con precisión su nivel real de vulnerabilidad sísmica. La falta de información objetiva restringe la capacidad de establecer medidas orientadas a la mitigación del riesgo y al diseño de estrategias de reforzamiento estructural. Por ello, resulta imprescindible desarrollar una evaluación detallada de la vulnerabilidad sísmica de estas edificaciones, bajo la premisa del análisis estructural, configuración geométrica y respuesta ante acciones sísmicas, con el fin de aportar evidencia técnica que contribuya a la minimizar el riesgo y al aumento de la resiliencia urbana en el sector (Meza et al., 2021).

2.1.1. Problema General

- ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica en viviendas estructurales

aporticadas en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024?

2.1.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica en el análisis de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024?
- ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica en la configuración estructural de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024?
- ¿Cuál es el grado de vulnerabilidad sísmica en el evento sísmico de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024?

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

- Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en viviendas estructurales aporticadas en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024.

2.2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en el análisis de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024
- Evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica en la configuración estructural de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024.
- Evaluar es el grado de vulnerabilidad sísmica en el evento sísmico de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024.

2.3. Justificación e importancia

Bajo el escenario de riesgo actual, la investigación propuesta es de vital importancia, ya que aborda la seguridad estructural de las viviendas en Antabamba Baja Tamburco, un aspecto crucial para salvaguardar la integridad de los ocupantes y la minimización de afectación en caso de sismos. Las estructuras aporticadas, comunes en la región, pueden presentar vulnerabilidades debido a diseños inadecuados, materiales de construcción deficientes o la ausencia de medidas de mitigación sísmica. Según la Guía

para la Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones, es esencial evaluar y reforzar las estructuras existentes para mejorar su desempeño ante sismos, (Quiroz et al., 2015)

El enfoque geográfico específico en Antabamba Baja Tamburco resalta la necesidad de comprender las condiciones locales que podrían incrementar la vulnerabilidad sísmica, como la geología del suelo y la exposición a amenazas geológicas particulares. Estudios previos han identificado que la geología y el perfil estratigráfico y la capacidad portante del terreno son ejercen una influencia predominante en la modulación de las ondas sísmica de una zona (MDT, 2020).

La actualidad de la problemática, reflejada en la consideración del año 2024, sugiere posibles cambios en el entorno construido o en los riesgos sísmicos, lo que hace imperativa una evaluación actualizada. La investigación no solo atenderá preocupaciones inmediatas de seguridad, sino además ofrecerá datos valiosos para la estructuración de directrices de planificación urbana y la implementación de acciones de mitigación proactiva y correctivas, favoreciendo así a la construcción de comunidades más seguras y resilientes. La Guía para la Reducción de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones destaca la importancia de estas evaluaciones para la mitigación de desastres por terremotos.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- Existe vulnerabilidad sísmica en las viviendas estructurales aporticadas en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Existe vulnerabilidad sísmica en el análisis de una estructura aporticada en el

sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024

- Existe vulnerabilidad sísmica en la configuración estructural de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024.
- Existe vulnerabilidad sísmica en el evento sísmico de una estructura aporticada en el sector de Antabamba Baja – Tamburco 2024.

2.5. Variables

- Viviendas de estructuras aporticadas
- Vulnerabilidad sísmica

2.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Viviendas de estructuras aporricadas	Un sistema a porticado se entiende como aquella estructura compuesta con marcos transversales y longitudinales dispuestos de forma paralelas, esta funciona como soportes principales sobre la cual se integra la losa o forjado (Delgado, 2010).	El sistema a porticado se identificará mediante la verificación la existencia vigas y columnas unidas mediante nudos rígidos y su capacidad de soporte de cargar gravitacionales y sísmicas.	Análisis Configuración estructura Evento sísmico	<ul style="list-style-type: none"> • Momento de volteo • Cálculos obtenidos • Desplazamiento 	De razón
Vulnerabilidad sísmica	Se refiere al grado de fragilidad estructural que presenta una edificación o un conjunto de ellas ante la probabilidad de sufrir daños estructurales parciales o totales, esta susceptibilidad pone en riesgo tanto la funcionalidad del inmueble, como la integridad física de sus ocupantes, por la ocurrencia de movimientos sísmicos de una intensidad y magnitud dadas, en un periodo de tiempo y en un sitio determinado (Peralta, 2002).	La operacionalización de la vulnerabilidad sísmico se establece a partir del cálculo de un índice susceptible fundamentado en una evaluación estructural detallada que clasifica el grado de explosión y fragilidad de la vivienda.	Estudio comparativo	Ubicación Uso de edificación Tipo de edificación	De razón

Nota: Esquematación de la estructura de variables y sus respectivos indicadores. Elaboración propia

III. Marco teórico

3.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Ordaz et al. (2024) en su artículo publicado en la Revista de Ingeniería Sísmica, evaluaron el nivel de seguridad estructural y clasificaron el riesgo potencial de colapso en 20 edificios de concreto reforzado en Ciudad de México, con alturas entre cinco y quince pisos, construidos bajo normativas previas a 2004. Utilizaron modelos computacionales en el software ETABS para realizar análisis dinámicos modales y estáticos no lineales (pushover), los lineamientos establecidos en la Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Sismo (2020). El estudio concluyó que el 35% de los edificios presentaban un alto riesgo de colapsar durante un evento sísmico debido a deficiencias en la ductilidad de los elementos estructurales y en los diafragmas rígidos. Los autores recomendaron reforzamientos estructurales y la adopción de técnicas de diseño por capacidad para mejorar la seguridad sísmica de estas edificaciones.

Quinatoa (2022) mencionó en su estudio que los países más susceptibles a terremotos, como Chile, Colombia, Ecuador y Perú, dada la configuración geodinámica del borde occidental sudamericano, han experimentado graves desastres y pérdidas como resultado de sismos en diversas ocasiones. Una de las principales causas de estas pérdidas encuentra su origen en la prevalencia de significativas de construcciones informales y cumplimiento de las normas de edificación segura. El propósito de estudio consistió en analizar la progresión cronológica de los marcos regulatorios destinadas a hacer frente a situaciones de sismos intensos. Esto se logra a través del análisis de distintas variables que afectan la determinación de la fuerza aplicada a diferentes estructuras. Dicha evolución se realizó mediante el análisis de tipo documental, histórico y comparativa basada en revisión de las normas técnicas, documentos oficiales y estudio

a científicos organizando la información de forma cronológica y comparando los principales criterios de diseño estructural. Los resultados revelan la existencia de muchas regulaciones y ajustes que, al implementarse en estos países, podrían reducir las pérdidas humanas, materiales y económicas. A pesar de que Perú y Colombia contaban con estudios sobre la materia sísmica, se destaca la presencia de construcciones informales en Perú, las cuales deben ajustarse al plan de diseño antisísmico para prevenir futuros desastres. Finalmente se concluyó que, aunque se ha logrado avances importantes en las normas sismo resistentes aún existe problemas como las construcciones informales, especialmente en el Perú lo cual no cumplen los principios antisísmicos, por lo que necesario aplicar correctamente las normas y mantenerlas actualizadas para reducir riesgos las vulnerabilidades sísmicas.

Deulofeu et al. (2022) En su estudio explicó un enfoque de diseño para edificios de mampostería reforzada con capacidad sismorresistente, en regiones caracterizadas por una elevada demanda sísmológica, con el objetivo de ofrecer una alternativa técnica y económicamente como una alternativa para contribuir al programa de vivienda social en Santiago de Cuba. Dicha ciudad se ubica en una zona con gran riesgo sísmico en Cuba, caracterizada por un notable déficit habitacional. La metodología se basó en la caracterización de la peligrosidad sísmico del lugar, la modelación estructural mediante elementos finitos en SAP2000. la metodología integro procedimientos estáticos y dinámicos convencionales, complementando con una evaluación de desempeño a través del análisis estático no lineal (pushover), dicho estudio se fundamentó con los lineamientos de diseño sismorresistente de Cuba, México, Colombia y los Estados Unidos, además con las directrices del Applied Technology Council (ATC). Como resultado, se propone el diseño de un prototipo de tres niveles basado en mampostería de bloques huecos reforzada, empleando un sistema de confinamiento con elementos de

concreto. Finalmente, en análisis comparativo frente a las estructuras aporticadas dúctiles demostró la viabilidad técnica y financiera de la propuesta. Se destaca la posibilidad de generalizar este proyecto en países del Caribe con características sísmicas similares a Cuba.

Mazza (2021) planteo una metodología de diseño fundamental en desplazamiento de dos niveles, la cual se utiliza mecanismos de disipación por histéresis para salvaguardar la integridad ante un evento sísmico de gran intensidad. Este método integra sistemas de fluido viscosos y histéresis para proporcionar una respuesta inmediata bajo condiciones de servicio para garantizar la ocupación inmediata y continuidad de funcional el diseño en condiciones de servicio tras la ocurrencia de un sismo. Asimismo, se analizaron dispositivos de amortiguamiento vinculados a arriostres, configurado en seri o paralelo con el objetivo con el fin de optimizar el umbral de activación y prevenir y deformaciones críticas. Tras analizar estructuras de seis pisos mediante el modelamiento dinámico, se concluyó que la integración de estos dispositivos permite controlar las derivas de pisos y proteger los elementos no estructurales. Los resultados destacan que, al considerar los daños derivados de la experiencia empírica recolectada tras eventos telúrico precedentes, se minimizando el deterioro de infraestructura principal y los elementos arquitectónicos secundarios logrando un desempeño de ocupación inmediata.

Ismail (2020) se propuso una investigación para desarrollar un diseño innovador de estructuras sísmicamente resistentes y estrategias de mitigación. La idea central consiste en adaptar de manera controlada los componentes estructurales verticales de edificaciones de un solo nivel, facilitando de desacoplamiento dinámico entre la estructura superior y las aceleraciones del suelo. Esta técnica se orienta a conservar una estabilidad vertical robusta en conjunto con una alta ductilidad lateral reduciendo así la

erosión por fricción y mejorando la capacidad de absorción de carga dinámicas y vibraciones leves, así como establecer mecanismos de autocuración y auto frenado. La metodología involucra la evaluación numérica de estructuras asimétricas de varios niveles mediante análisis de historia de tiempo no lineal. Los resultados demuestran un descenso significativo de la respuesta estructural, incluida la torsión, evidenciando que el modelo ofrece beneficios de aislamiento sísmico y es apropiado tanto para estructuras a corto como a largo plazo.

Antecedentes nacionales

Castillo (2024) mediante su investigación de posgrado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, se propuso evaluar la respuesta sísmica no lineal de estructuras aporticadas con irregularidades en planta y altura. Analizando específicamente en efecto de torsión en planta y de irregularidades verticales, como pisos blandos, en la respuesta dinámica de sistema de concreto armado ante eventos telúricos. La metodología consistió en el modelamiento de tres edificaciones con alturas entre cuatro y ocho pisos, diseñadas bajo normativas sismorresistentes peruanas, empleando el software SAP2000, y realizando un modelamiento dinámico no lineal a través de registros de eventos telúricos procesados. Los resultados evidenciaron que la presencia de irregularidades incrementa significativamente los desplazamientos, los desplazamientos derivas y las acciones internas en elementos resistentes claves, lo que conlleva una mayor concentración de daños en la reducción de la capacidad resistente global. finalmente concluyó que las edificaciones con irregularidades tienen mayor vulnerabilidad sísmico.

Montejo y Rojas (2021) en su investigación se dedicó a diagnosticar el nivel de vulnerabilidad sísmica que presentaba el estado actual de las viviendas de albañilería confinada en el sector "A" del asentamiento humano Santa Julia en Piura, durante el año

2021. La zona evaluada, ubicada franja costera norperuana, estaba clasificada como zona sísmica 4, considerada de alto riesgo sísmico según la Norma Técnica Peruana E. 0.30 del Reglamento Nacional de Edificaciones de 2018. La población objeto de estudio quedo definida por 128 edificaciones de albañilería confinada y losa aligerada considerando exclusivamente aquellas de hasta dos niveles. para su análisis se empleó una metodología híbrida que combina herramientas cualitativas y cuantitativas. este trabajose clasifica como investigación aplicada de diseño no experimental, cuyo objetivo descriptivo permitió identificar las deficiencias, el proceso de muestreo se centró en un conjunto de 40 viviendas. La obtención de los parámetros de diseños y diagnostico se realizó mediante fichas técnicas y observación, y la ficha de evaluación sísmica se utilizó para interpretación analítica y el cálculo estructural. Se emplearon softwares como AUTOCAD 2020 para esquemas y ETABS 2016 v.16.2.1 tras concluir el tratamiento del modelamiento computacional las características de riesgo evidenciaron que el 55% de las unidades habitacionales exhibe un desempeño sismorresistente deficiente, mientras el 17.5% presenta moderada y un 27.5% baja. En resumen, más del 50% de las viviendas en el sector fueron categorizadas con un nivel de vulnerabilidad sísmica alto según su estado pasado.

Acedo (2021) en su trabajo previo titulado "Desempeño Sísmico de una Vivienda Aporticada de Cuatro Niveles con el sistema de reforzamiento encamisado de concreto en Lima- Lima- San Borja, 2021" tuvo como finalidad evaluar el comportamiento sismorresistente de inmuebles de uso familiar de cuatro plantas en estructura a porticadas, ubicada en Lima- San Borja, mediante el uso del sistema de reforzamiento encamisado de concreto, conforme a la Norma peruana Sismorresistente E-030. El proyecto incluyó la aplicación de ensayos de carácter no invasivo, como la esclerometría, esta evaluación se orientó a determinar la capacidad a la compresión

simple primarios tales como pórticos y vigas. Finalizado el levantamiento técnico de campo se empleó el software ETABS v18 para la representación analítica de la edificación en los ensayos realizados se obtuvo una resistencia de $f'c = 200 \text{ kg / cm}^2$. Ante la susceptibilidad de la región costera frente a eventos telúricos se propuso el refuerzo estructural y revestimientos de hormigón que preservaron elementos arquitectónicos. Los resultados de la modelación indicaron que el ensanchamiento de las columnas en la orientas a eje x logró un significativo mejor comportamiento sísmico, especialmente en términos de rigidez lateral. En conclusión, se determinó mejorar la capacidad de resistencia de la estructura mediante el encamisado de columnas proporciona la rigidez garantizando el cumplimiento de las exigencias de la Norma Sismorresistente E.030.

Carranza y Carranza (2021) llevo a cabo su estudio teniendo como “objetivo principal determinar la consistencia en el grado de vulnerabilidad sísmica en los sectores 16 de octubre y Santa Rosa de la ciudad de Chachapoyas. Se centró en evaluar la susceptibilidad sísmica de las inmuebles autoconstruidas, donde la omisión de estándares de calidad y falta de monitoreo de un especialista incrementa el riesgo estructural. Asimismo, se buscó comparar los métodos de Benedetti-Pretini y de Global Invent para determinar cuál se ajusta mejor a la realidad de las viviendas en nuestro país. Se llevó a cabo un estudio de pruebas de diamantina en un laboratorio local de Chachapoyas para evaluar”la capacidad de resistir la compresión de las columnas en los inmuebles de la localidad referida. En estudio culmino con el planteamiento de reforzamiento estructural, evaluando el estado inicial de las viviendas y proponiendo medidas para elevar los niveles de seguridad y cumplir con la Norma Técnica E.030, orientándose a minimizar el riesgo de colapso y reducir la probabilidad de fatalidades o perjuicios económicos ante un evento sisimico.

Guzmán y Torres (2022) en su investigación, titulada "Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de un Edificio de Cinco Niveles utilizando SAP2000 y CYPECAD en Cusco, Perú-2022", tubo como objetivo analizar las deficiencias presentes en las estructuras con el fin de identificar las fallas y proponer soluciones adecuadas. Se trata de una investigación aplicada con un diseño no experimental y un enfoque cuantitativo. Las variables consideradas son de diseño de los elementos estructurales y el análisis sísmico. Com muestra se seleccionaron edificaciones de concreto armado de cinco niveles destinadas a viviendas familiar ubicados en la provicia de Cusco. Se propone un rediseño estructural, ajustando la geometría del edificio y sus cargas, utilizando un factor de reducción ($R=3$) debido a que la revisión de la estructura reveló excesos de acero de refuerzo en los componetes de soporte primarios en los tres primeros niveles asi como miembros horizontales de transferencia de carga. En respuesta, se optó por modificar las dimensiones de las columnas de 50x70 cm a 70x90 cm, y las vigas de 30x50 cm a 40x60 cm. Se concluye recomendando la actualización de las normativas sismorresistentes par el dimencionamiento de sistemas reissitetes bajos criterios sismicos, incorporando en la evaluacion del comportamiento no lineales. En casos donde el reforzamiento no sea viable, se sugiere reducir al máximo el peso de las edificaciones y realizar revisiones sísmicas periódicas.

Antecedente local

Luna (2021) según su investigación menciono que la falta de estudios detallados sobre el comportamiento sismico de inmuebles de concreto armado con sistema aporticado ha llevado a proponer el diseño de un edificio de diez pisos usando el método de diseño por resistencia en Abancay-Apurímac. El propósito fue analizar el comportamiento estructural ante las fuerzas horizontales producidas por sismos. En este

contexto, se se desarrollara el diseño de la edificación mediante el sistema aporticado, considerando elementos de cimentación, columnas, vigas y losas, y analizando su resistencia sísmica según las normas E.030, E.060 y los estándares internacionales para edificios de concreto armado. La modelización de la estructura se realizará con el software ETABS 2016, utilizando un espectro que incorpora las propiedades geodinámicas y la estratigrafía del terreno de Abancay. El objetivo es identificar posibles daños en los componentes estructurales del edificio, garantizando la protección de la vida de los usuarios en caso de eventos sísmicos.

3.2. Bases teóricas

3.2.1. Estructuras aporticadas

Las viviendas con estructura aporticadas están conformadas mediante un sistema estructural basado en pórticos resistentes a momentos, integrados por columnas y vigas unidas monolíticamente, cuya función principal es soportar el peso propio, cargas vivas y las acciones laterales inducidas por sismos. En este tipo de sistema, la capacidad resistente depende del comportamiento conjunto de los elementos que trabajan en compresión y flexión, como de la rigidez y continuidad de las uniones estructurales, lo que permite una adecuada redistribución de esfuerzos durante un evento sísmico (Chopra, 2017).

En el ámbito de la vivienda aporticada sismorresistente, diversos estudios respaldan su conceptualización. Avgerinou y Vayas (2020) la define como una construcción que emplea sistema columnas y vigas unidas entre sí para construir sistema de pórticos resistente, que aporta mayor resistencia y rigidez estructural. Lo que garantiza que las edificaciones puedan soportar cargas en diferentes direcciones “X” y “Y”, asimismo resistir fuerzas sísmicas generadas por sismos y otros y eventos adversos (Herrera et al., 2022)

Asimismo Franco et al. (2022) describe las viviendas aporticadas como estructuras compuestas por columnas, vigas. Las columnas y vigas sostienen el peso de la estructura, mientras que los muros de ladrillo se emplean para subdividir el área contruida en ambientes diferenciados, sin contribuir significativamente a la resistencia estructural.

Este sistema de construcción aporticada es ampliamente popularizado debido a su solidez estructural y durabilidad frente a eventos teluricos de intensidades altas (Foraboschi, 2020), destaca que estas viviendas están formadas por columnas y vigas de hormigón armado conectadas con conexiones rígidas que facilita que los momentos de flexión y cargas axiales se transmita de manera adecuada a las columnas. La flexibilidad inherente a estas estructuras minimiza las fuerzas sísmicas.

Adicionalmente, se señala que este tipo de estructura permite realizar alteraciones en el interior de la vivienda, ya que los muros divisorios son tabiques que también actúan como aislantes sísmicos y reducen ruidos. Además, la simplicidad en los procesos constructivos se debe a la ligereza de la estructura, logrando así una alta flexibilidad en la edificación (Herrera et al., 2022)

Desde el enfoque del diseño sismorresistente, las estructuras aporticadas se caracterizan por su capacidad de distribuir la energía mediante la deformación inelásticas controladas, particularmente en las zonas críticas de vigas y columnas. De acuerdo con Paulay y Priestley (1992), este sistema es recurrentemente aplicado a edificaciones por su flexibilidad arquitectónica; sin embargo, su desempeño sísmico está directamente condicionado por la distribución de los elementos estructurales, la regularidad del sistema y la correcta ejecución constructiva.

Análisis

Por otro lado Ilasaca y Pumachara (2022) menciona a la dimensión del

análisis en el marco de viviendas aporticadas, esta relacionado con la evaluación de forma detallada de los parámetros clave que afectan en la respuesta estructural de los inmuebles, especialmente frente a eventos telúricos. Este análisis implica la consideración minuciosa de la geometría, conexiones rígidas. Las viviendas de estructuras aporticadas corresponden a un sistema estructural conformado por pórticos con conexiones rígidas, integrados por columnas y vigas unidas monolíticamente, cuya función principal es resistir las cargas muertas, vivas y las acciones laterales inducidas por sismos. En este tipo de sistema, la capacidad resistente depende del comportamiento conjunto de los elementos transversales y longitudinales, así como de la rigidez y continuidad de las uniones estructurales, lo que permite una adecuada redistribución de esfuerzos durante un evento sísmico (Chopra, 2017).

, así como su comportamiento dinámico frente a fuerzas sísmicas. La dimensión del análisis busca garantizar la seguridad, resistencia y eficacia del diseño estructural, ofreciendo una perspectiva integral del desempeño de un inmueble aporticado para afrontar situaciones adversas.

Momento de volteo

El momento de volteo representa el efecto global de las fuerzas sísmicas actuando sobre la edificación, generado por la acción de cargas laterales sobre la estructura. Este parámetro permite evaluar la demanda sísmica total que debe ser equilibrada por el sistema resistente, siendo un indicador clave para analizar la estabilidad general de la estructura aporticadas frente a acciones sísmicas severas (Computers and Structures Inc., 2016).

Configuración estructural

Con respecto a la segunda dimensión sobre las viviendas de estructuras

aporticadas, Estrada y Vivanco (2019) indican que la configuración estructural se hace referencia a la distribución espacial y alineación de los elementos estructurales que componen la edificación. Este aspecto incluye la ubicación estratégica de los elementos primarios interconectados, al igual de la existencia de nudos rígidos que facilitan la transferencia eficiente de cargas y momentos. La configuración estructural no solo abarca aspectos de diseño, como la transferencia de las cargas en diferentes sentidos, sino que también influye en la respuesta ante un sismo. Una evaluación detallada de la distribución estructural permite evaluar la resistencia y rigidez de la vivienda, identificar posibles puntos de concentración de esfuerzos, y optimizar la disposición de elementos para mejorar la capacidad de respuesta de la estructura para soportar ante sismos. En última instancia, la dimensión de la configuración estructural es esencial para asegurar la estabilidad y eficacia de la vivienda aporticada frente a diversas condiciones de carga.

Cálculos obtenidos

Los cálculos estructurales obtenidos reflejan los resultados del análisis matemático del sistema aporticado, incluyendo esfuerzos internos, deformaciones y demandas sísmicas, los cuales permiten la verificación de los criterios de resistencia y servicio normados. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones, estos cálculos son esenciales para poder asegurar un desempeño estructural que responda de forma adecuadamente a las cargas sísmicas, especialmente en edificaciones de uso residencial (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento [MVCS], 2019).

Evento sísmico

Lara y Gallegos (2018) en el contexto de viviendas de estructuras aporticadas, la dimensión del evento sísmico se centra en la respuesta de la edificación ante fuerzas y movimientos generados por terremotos. Esta dimensión implica analizar

cómo la configuración aporticada interactúa dinámicamente con las ondas sísmicas, evaluando su capacidad para resistir cargas horizontales y absorber la energía liberada durante un terremoto. Se considera la adecuación del diseño sísmico, el comportamiento dinámico de componentes estructurales, así como su capacidad de la vivienda para mantener la integridad y minimizar daños en presencia de eventos sísmicos. La dimensión del evento sísmico es crucial para asegurar que las viviendas aporticadas sean resistentes y seguras durante situaciones de actividad sísmica, abordando así la vulnerabilidad de la estructura y protegiendo la vida de los ocupantes.

Desplazamiento

El desplazamiento lateral constituye un parámetro fundamental con propósito de analizar la respuesta dinámica de una edificación aporticada frente a un evento telúrico, ya que expresa el grado de deformación experimentado por la edificación. De acuerdo con Chopra (2017) el control de desplazamientos es crucial a fin de resistir daños en la edificación y evitar mecanismos de colapso asociados a derivas excesivas.

3.2.2. Vulnerabilidad sísmica

La vulnerabilidad sísmica corresponde al grado de fragilidad de una construcción a sufrir daños ante la acción de un evento telúrico, en función de sus características estructurales, constructivas y funcionales. Este concepto integra no solo la probabilidad de daño físico, sino también la posible pérdida de funcionalidad y el riesgo para la vida humana, considerando la interacción entre el nivel de amenaza sísmica y la capacidad resistente de la construcción (Lagomarsino y Giovinazzi, 2006).

Desde una perspectiva integral, la vulnerabilidad esta influenciada por

factores como la tipología estructural, el uso de la edificación y su localización, los cuales influyen directamente en el nivel de daño esperado. Peralta (2002) sostiene que una adecuada evaluación de la vulnerabilidad permite identificar edificaciones críticas y priorizar intervenciones de refuerzo estructural en zonas sísmicas de alto riesgo.

Aimismo Cunalata y Caiza (2022) señalan que la vulnerabilidad se determina mediante el análisis de diversos factores. En primer lugar, se consideran las condiciones inherentes de la edificación, como su diseño, materiales de construcción, antigüedad y calidad de la construcción. Estructuras más antiguas o construidas con materiales menos resistentes pueden tener una mayor vulnerabilidad sísmica. Además, se evalúa la localización geográfica y las propiedades del suelo, ya que estos factores pueden incidir en la transmisión de las ondas sísmicas y amplificar sus efectos en ciertas áreas.

Por otro lado, Socarrás y Álvarez (2021) Destacan que la vulnerabilidad sísmica no se limita únicamente a estructuras físicas; también abarca aspectos sociales, económicos y ambientales. Las comunidades con una mayor vulnerabilidad sísmica pueden experimentar impactos más significativos respecto a afectación a la vida humana, económicas y ambientales. Desde la perspectiva de la vulnerabilidad sísmica demanda, un enfoque integral que abarca aspectos técnicos, sociales y políticos para disminuir los riesgos y aumentar la capacidad de recuperación frente a sismos. En resumen, la vulnerabilidad sísmica es un concepto multifacético que aborda la fragilidad y capacidad de recuperación de estructuras y comunidades frente a los desafíos planteados por los terremotos, y su comprensión de mitigación eficaz del riesgo telúrico.

De manera complementaria, Criado et al. (2020) indica que la vulnerabilidad

sísmica también se vincula estrechamente con el nivel de recuperación de una comunidad ante un evento sísmico. Esto incluye la disponibilidad de recursos para la rehabilitación y reconstrucción, así como la planificación urbana que considere la resistencia sísmica en el desarrollo de nuevas estructuras. La vulnerabilidad no es un atributo estático, sino que puede cambiar con el tiempo debido a factores como el crecimiento urbano, la evolución de los lineamientos de construcción y las estrategias de mitigación implementadas.

Estudio Comparativo

La dimensión de estudio comparativo en el marco de la vulnerabilidad sísmica implica la evaluación y comparación sistemática de diferentes estructuras, comunidades o regiones en términos de su susceptibilidad y capacidad para mitigar los efectos generados por los sismos. Este enfoque implica analizar variables clave, tales como la configuración del sistema estructural y los insumos constructivos, la ubicación geográfica y los estándares de construcción, entre otros, con la finalidad de reconocer patrones, de aspectos favorables y desfavorables en la respuesta sísmica de las entidades estudiadas. Un estudio comparativo facilita la identificación de las mejores prácticas, lecciones aprendidas y oportunidades de mejora en la mitigación del riesgo sísmico. Además, sirve como fundamento para la formulación de estrategias de fortalecimiento de la resiliencia sísmica, permitiendo la adopción de medidas adecuadas y adaptativas enfocadas en la reducción de la vulnerabilidad en estructuras y comunidades ante futuros eventos sísmicos, (Albarracin et al., 2016)

Asimismo, la ubicación de una edificación condiciona su nivel de vulnerabilidad sísmica asociada por la variabilidad de la amenaza sísmica y sus características geotécnicas del suelo. Según Kramer (1996), aspectos como la amplificación sísmica local y la clasificación de suelo influyen significativamente en

la intensidad del movimiento sísmico percibido por la estructura, incrementando o reduciendo su vulnerabilidad.

Uso de edificación

El uso de la edificación determina la importancia funcional y el nivel de exigencia de desempeño sísmico requerido, ya que edificaciones destinadas a vivienda permanente presentan mayores implicancias sociales ante un colapso estructural. De acuerdo con Federal Emergency Management Agency (2015), el uso incide en la valoración de la vulnerabilidad a causa de las diferentes consecuencias asociadas al daño estructural y a la ocupación humana.

Tipo de edificación

Se refiere a la tipología estructural y constructiva predominante, la cual condiciona el comportamiento sísmico global del sistema. Lagomarsino y Giovinazzi (2006) indican que edificaciones con sistemas aporticados mal configurados o con deficiencias constructivas presentan mayores niveles de vulnerabilidad frente a sismos moderados y severos

Materiales de Construcción:

Burgos et al. (2021) se enfoca en los materiales empleados en la edificación de las viviendas aporticadas, destacando la importancia del concreto armado y el acero. Estos materiales confieren resistencia y durabilidad a la estructura, aspectos cruciales para enfrentar situaciones sísmicas y garantizar la integridad a lo largo del tiempo.

Diseño Estructural

Reboredo (2021) indica que el diseño estructural de las viviendas aporticadas se considera fundamental en el marco conceptual. Esto incluye la disposición de columnas y vigas, así como la concepción de nudos y conexiones rígidas que aseguren la transferencia eficiente de cargas y momentos entre los elementos

estructurales.

Sismorresistencia

De igual forma Rotondo y Barbat (1999) menciona que el sismo resistencia es uno de los puntos centrales es el desempeño de las viviendas aporticadas con el fin soportar y amortiguar las cargas sísmicas. Se analizan los principios de diseño sísmico, el comportamiento dinámico frente a cargas sísmicos y la importancia de la ductilidad para absorber energía y evitar colapsos.

Las viviendas de estructuras aporticadas según, Araca et al. (2020) se caracterizan por su diseño basado en pórticos, sistemas de columnas y vigas interconectadas que proporcionan estabilidad y resistencia tanto a cargas verticales como horizontales. Estas estructuras son particularmente eficaces en la resistencia sísmica, distribuyendo y absorbiendo las fuerzas del terremoto a lo largo de los pórticos. La disposición flexible de los pórticos permite una eficiencia notable en el uso del espacio interior, ya que no requieren columnas intermedias, brindando a los arquitectos la libertad de crear diseños variados. La elección de materiales como acero y hormigón armado, junto con análisis estructurales detallados y cumplimiento de normativas locales, asegura que estas viviendas sean seguras y duraderas.

Awad (2012) menciona que las viviendas de las estructuras aporticadas son edificaciones la cual posee como rasgo principal, la presencia de sistemas de pórticos o marcos que constituyen la estructura portante del edificio. Estos pórticos se componen de columnas y vigas conectadas de manera que crean una red rígida y resistente. La clave de este diseño radica en la resistencia de los pórticos con el fin de soportar cargas verticales como horizontales, lo que los hace particularmente eficientes en términos de resistencia sísmica. La disposición de estos elementos contribuye a la dispersión adecuada de las cargas, brindando un equilibrio estructural.

Además, estas viviendas se destacan por su eficiencia en el uso del espacio, ya que los pórticos permiten grandes espacios sin la necesidad de columnas internas, lo que facilita la flexibilidad arquitectónica y el diseño de interiores. La elección de materiales, como acero o hormigón armado, contribuye a la durabilidad y resistencia de estas estructuras. En resumen, las viviendas de estructuras aporticadas son una opción constructiva popular, especialmente en áreas propensas a sismos, debido a su capacidad para proporcionar estabilidad, eficiencia espacial y flexibilidad en el diseño.

Por otro lado, Lara et al. (2018) menciona que es la capacidad para resistir fuerzas sísmicas, las viviendas con estructuras aporticadas destacan por su eficiencia en la distribución de cargas horizontales, como las generadas por vientos fuertes. Los pórticos, al absorber y transferir estas cargas de manera efectiva, contribuyen a la estabilidad estructural en diversas condiciones climáticas. Este tipo de construcción no solo se enfoca en la funcionalidad y seguridad, sino que también ofrece versatilidad estética al permitir diseños arquitectónicos creativos y modernos. La combinación de la resistencia estructural, eficiencia espacial y flexibilidad de diseño hace que las viviendas de estructuras aporticadas sean una alternativa interesante para quienes buscan una construcción robusta y estéticamente agradable.

Caicedo et al. (1994) la vulnerabilidad sísmica engloba la propensión de estructuras, infraestructuras o comunidades a sufrir daños durante eventos sísmicos. Esta vulnerabilidad resulta de la interacción compleja entre la magnitud del sismo y la calidad estructural de la construcción y las características del suelo. En términos de construcción, las edificaciones que no cumplen con estándares sísmicos, carecen de refuerzos adecuados o utilizan materiales de baja calidad son más susceptibles a daños graves durante un terremoto. La falta de técnicas sísmicas apropiadas, como

conexiones flexibles o aisladores sísmicos, contribuye significativamente a la vulnerabilidad estructural.

La vulnerabilidad sísmica, entendida como la susceptibilidad de estructuras y comunidades a sufrir daños durante terremotos, es un concepto crítico que abarca diversos aspectos. Como señalado por Carrillo (2008) la vulnerabilidad sísmica es resultado de la compleja interacción entre la condición constructivas, la ubicación geográfica, las naturales física y mecánica del suelo y la antigüedad de las edificaciones. Las estructuras que no cumplen con estándares sísmicos, especialmente aquellas con deficiencias en refuerzos estructurales y materiales, son más propensas a experimentar daños significativos durante eventos sísmicos. Además, la localización en zonas de alta actividad sísmica y la existencia de terrenos de baja resistencia aumentan la vulnerabilidad estructural. La conciencia pública y la educación son fundamentales para abordar esta problemática, ya que comunidades informadas están mejor preparadas para implementar medidas de mitigación y mejorar la resiliencia sísmica, contribuyendo así a la seguridad y sostenibilidad a largo plazo.

Por otro lado, Gulfo y Serna (2015) mencionan a la planificación urbana resiliente que considera la vulnerabilidad sísmica al diseñar ciudades y comunidades. Incluye la implementación de códigos de construcción efectivos, la ubicación estratégica de infraestructuras críticas y la educación pública para aumentar la conciencia sísmica. La mitigación del riesgo frente sismos, que combina la probabilidad de ocurrencia de un terremoto con el impacto esperado en la comunidad, está orientada a minimizar la vulnerabilidad y aumentar la capacidad de respuesta ante eventos sísmicos. En conjunto, estos conceptos contribuyen a estrategias efectivas para mitigar la vulnerabilidad sísmica y fortalecer la resiliencia de las

comunidades considerando la ocurrencia de fenómenos sísmicos posteriores.

3.3. Definición de términos

Vulnerabilidad Sísmica: Barbat (1998) señala que la vulnerabilidad sísmica corresponde al grado en que una estructura puede verse afectada por un sismo, dependiendo de sus propiedades físicas y estructurales.

Estructura Aporticada: Muñoz (2020) describe una estructura aporticada como un sistema de pórticos rígidos compuestos por elementos verticales y horizontales prensados para resistir cargas soportar cargas tanto verticales como horizontales.

Análisis Pushover: Aroquipa (2018) indica que el análisis pushover se trata de una técnica no lineal estático empleado para analizar el comportamiento de las estructuras bajo acciones sísmicas incrementales.

Curvas de Fragilidad: Según Barbat (1998) se define las curvas de fragilidad son representaciones gráficas que indican la probabilidad de que una estructura experimente niveles determinado de daños bajo intensidades sísmicas.

Ductilidad Estructural: Según Muñoz (2020) se entiende por ductilidad estructural es la capacidad de una estructura para soportar deformaciones importantes conservando su resistencia estructural lo que facilita la absorción de energía sísmica.

Peligrosidad Sísmica: Aroquipa (2018) define la peligrosidad sísmica como la probabilidad de que se presente un movimiento sísmico de determinada intensidad en un área establecida a lo largo de intervalo temporal específico.

Riesgo Sísmico: Barbat (1998) se define el riesgo sísmico como la integración entre la peligrosidad y la vulnerabilidad estructural y el valor de los bienes expuestos para calcular las pérdidas potenciales durante un terremoto.

Espectro de Respuesta: Muñoz (2020) indica que el espectro de respuesta es un

esquema visual que relaciona la respuesta máxima de un sistema estructural con su período natural bajo la acción de un sismo.

Factor de Reducción Sísmica (R) : Aroquipa (2018) menciona que este indicador muestra la capacidad de una edificación para disipar energía sísmica mediante deformaciones no recuperables reduciendo las fuerzas de diseño.

Irregularidad en Planta: Barbat (1998) describe las irregularidades en planta como variaciones en la distribución de rigidez y masa que pueden generar un comportamiento desfavorable frente a cargas sísmicas.

Irregularidad en Elevación: Muñoz (2020) considera que las irregularidades en elevación se presentan cuando hay cambios bruscos en la rigidez y capacidad de resistir de una edificación a lo largo de su elevación, lo que puede comprometer su estabilidad sísmica.

Periodo Fundamental de Vibración: Según Barbat (1998) el periodo fundamental de vibración se define como tiempo requerido por una estructura en realizar un ciclo completo de oscilación bajo la influencia de un movimiento sísmico.

Coefficiente de Reducción por Ductilidad (R_{μ}): Aroquipa (2018) define este coeficiente como un factor que cuantifica la habilidad de una estructura de resistir deformaciones permanentes, significativas durante un sismo.

Capacidad Portante del Suelo: Muñoz (2020) señala que la capacidad portante del suelo indica la máxima presión que puede soportar el terreno de fundación sin fallar, siendo crucial para el diseño de cimentaciones en zonas sísmicas.

Refuerzo Sísmico: Aroquipa (2018) menciona que el refuerzo sísmico incluye medidas correctivas para incrementar la resistencia de una estructura existente y reducir su vulnerabilidad frente a sismos.

IV. Metodología

4.1. Tipo y Nivel de Investigación

Tipo de investigación

Según, Hernández y Mendoza (2020) el tipo de investigación es de carácter aplicado porque se centra en la operatividad de los principios teóricos previamente establecidos., permitiendo que los resultados obtenidos tengan una incidencia directa y útil en la realidad practica del sector de estudio.

Este proyecto de investigación tiene un carácter aplicado pues aplica de manera practica los conocimientos teóricos de la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en viviendas de estructuras aporticadas ubicadas en el sector de Antabamba Baja Tamburco 2024.

La investigación aplicada mantiene una conexión estrecha con la investigación básica, al sustentarse en sus descubrimientos y progresos obtenidos en esta última, beneficiándose y enriqueciéndose con ellos. Esta forma de investigación se concentra en abordar problemas específicos y se distingue por su enfoque en la aplicación práctica y utilización de los conocimientos adquiridos. Es importante destacar que los resultados de estas investigaciones tienden a tener un alcance de generalización limitado, (Córdoba et al., 2023).

Nivel de investigación

Según, Hernández y Mendoza (2020) El nivel de la presente investigación es descriptivo, pues su objetivo principal es identificar y caracterizar y evaluar el grado de vulnerabilidad sisimico de viviendas de estructuras aporticadas del sector de Antabamba Baja -Tamburco , sin establecer relación de causalidad ni correlación entre variables .este nivel permite describir las condiciones estructurales , constructivas y funcionales de las edificaciones a partir de la observaciones ,

medición y análisis relacionados al comportamiento sísmico de las viviendas estudiadas. De modo que busca obtener información objetiva y sistemática para conocer la situación real de las estructuras frente a un sismo, conforme a lo establecido por (Hernández y Mendoza, 2020).

Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es no experimental y transversal, ya que no implica la manipulación intencional de variables, sino se observa y analiza tal como con se presenta en su contexto real, por tanto este estudio enfoca en describir y evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica de las viviendas de estructuras aporricadas del sector de Antabamba Baja -Tamburco mediante la recolección de información en único momento y tiempo, lo que permitirá obtener información objetiva y sistemática el estado actual de estas edificaciones ante a un evento sísmico, sin intervenir en sus condiciones estructurales, constructivas o funcionales.

4.2. Ámbito Temporal y Espacial

Temporal

Año de Referencia: El enfoque temporal estará limitado al año 2024. Se considerarán eventos y condiciones sísmicas específicas de este año para evaluar la vulnerabilidad de las viviendas. Se establecerá claramente el periodo de tiempo durante el cual se recopilarán y analizarán los datos, (Caminotti y Toppi, 2020).

Espacial

Área de Estudio: El estudio se enfocará específicamente en el sector de Antabamba Baja Tamburco, limitando el alcance geográfico a esta región. Se definirán claramente los límites geográficos del área de estudio para garantizar la precisión de los resultados, (Caminotti y Toppi, 2020).

Social

Población Objetivo: La investigación se centrará en las viviendas de estructuras aporticadas en el sector de Antabamba Baja Tamburco. La población objetivo serán los residentes de estas viviendas, así como cualquier otra parte interesada o afectada por la vulnerabilidad sísmica en esta área, (Caminotti y Toppi, 2020).

4.3. Población y Muestra

Población

De acuerdo, Mucha et al. (2021), la población abarca un conjunto integral de elementos o sujeto con propiedades comunes y presentan el foco de análisis de investigación. En este sentido puede ser finita o infinita, según la posibilidad de abarcar todos sus componentes de estudio. En esta investigación la población considerada está constituida por las viviendas de estructuras aporticadas ubicadas en el sector de Antabamba baja, Tamburco.

Muestra

Según, Otzen y Manterola, (2017) el muestreo consiste en el procedimiento por el cual se eligen un subconjunto representativo de una población con el objetivo de realizar observaciones o mediciones. Este procedimiento permite obtener información valiosa de manera eficiente sin la necesidad de evaluar toda la población. Los métodos de muestreo incluyen entre otros el procedimiento del muestreo es aleatorio en sus modalidades simples y estratigráfica. La validez de las conclusiones depende de un diseño de muestreo preciso. En este estudio, se decidió que la muestra estaría compuesta por 02 viviendas del sector de Antabamba baja, Tamburco.

4.4. Instrumentos

Según Arias (2020) las técnicas de investigación son procedimientos específicos diseñados para la obtención de datos o información de manera organizada y sistemática. Estas técnicas, propias de cada disciplina, complementan al método científico, el cual tiene un enfoque general. Para este estudio se aplicó la técnica de observación directa, la cual permite registrar fenómenos o situaciones relacionadas que posee atributos estructurales y constructivas de las viviendas en el sector de Antabamba Baja, Tamburco. Esto facilitó analizar las condiciones de vulnerabilidad sísmica en las estructuras aporticadas evaluadas.

Asimismo, Arias (2020) define los instrumentos de investigación como herramientas utilizadas para recolectar, registrar o almacenar información, ya sea en formato físico o digital. En esta investigación se emplearon instrumentos como registros fotográficos y fichas técnicas para recopilar datos de inspección visual. Estos datos incluyeron la disposición de columnas y vigas, el estado de los materiales, posibles fisuras, y cualquier otra condición relevante que afecte el comportamiento sísmico de las estructuras.

4.5. Procedimientos

El desarrollo de trabajo de investigación se organizó en etapas claramente definidas, siguiendo los principios metodológicos propuestos por Hernández y Mendoza (2020), quienes afirman que un procedimiento estructurado facilita la recopilación y evaluación de datos de manera estructurada y eficiente. A continuación, se detallan las etapas implementadas en esta investigación:

➤ Etapa de planificación

En esta fase se delimitó el área de estudio en el sector de Antabamba Baja, Tamburco, estableciendo los límites geográficos y determinando las viviendas

aporticadas que formarían parte de la muestra. Se realizó también una revisión bibliográfica para sustentar teóricamente la investigación.

➤ **Etapa de recolección de datos**

Se efectuó una inspección de campo mediante observación directa, documentando el estado estructural de las viviendas. Se utilizaron registros fotográficos y fichas técnicas para registrar información como la configuración estructural, el estado de los materiales y las posibles deficiencias constructivas.

➤ **Etapa de modelado y análisis**

Se modelaron las viviendas seleccionadas en el software ETABS, permitiendo llevar a cabo análisis tanto estáticos como dinámicos. Se evaluó la vulnerabilidad sísmica mediante métodos, de acuerdo con las normativas internacionales y locales (E.030).

➤ **Etapa de interpretación y validación de resultados**

Los datos obtenidos del análisis en ETABS fueron interpretados para identificar niveles de vulnerabilidad sísmica en las viviendas aporticadas. Se validaron los resultados mediante comparación con estudios previos y normativas técnicas.

➤ **Etapa de conclusiones y recomendaciones**

Para cerrar, se presentan los hallazgos más relevantes del estudio y se recomienda acciones de refuerzo estructural para mitigar la susceptibilidad sísmica en viviendas examinadas.

4.6. Análisis de datos

Hernández y Mendoza (2020), el procesamiento de datos se efectuó mediante un enfoque cuantitativo, orientado a interpretar y evaluar la información recopilada sobre la vulnerabilidad sísmica de las viviendas aporticadas en el sector de Antabamba Baja,

Tamburco. Este proceso se desarrolló en varias etapas, organizadas de la siguiente manera:

Clasificación y revisión de datos

La información recolectada mediante observación directa y fichas técnicas fue organizada en una base de datos. Posteriormente, se revisaron los registros para verificar su consistencia y descartar posibles errores o datos incompletos.

Modelado estructural y simulación

Se utilizó el software ETABS para modelar las estructuras aporticadas seleccionadas. A partir del modelado, se realizó el comportamiento de las edificaciones frente a cargas sísmicas incrementales. Este procedimiento permitió generar curvas de capacidad, las cuales describen el desempeño estructural desde el estado elástico hasta el colapso.

Determinación de niveles de vulnerabilidad

Con los resultados de las simulaciones, las viviendas fueron clasificadas en niveles de vulnerabilidad (alta, media, baja) según parámetros establecidos en la Norma Técnica de Edificaciones E.030. Este análisis permitió identificar las estructuras más propensas a sufrir daños ante un sismo.

Interpretación y síntesis de resultados

Finalmente, los datos fueron interpretados para identificar patrones, puntos críticos y relaciones significativas. Esta interpretación sirvió de base para establecer conclusiones y proponer recomendaciones enfocadas en reducir el riesgo sísmico en la zona de estudio.

4.7. Consideraciones éticas

De acuerdo con Espinoza (2020) señala que la ética en la investigación implica respetar los derechos y la dignidad de los participantes, desde la planificación hasta la

divulgación de resultados. En este estudio, se obtuvo el consentimiento informado de los residentes de Antabamba Baja, Tamburco, garantizando su participación voluntaria y la confidencialidad de los datos. Asimismo, se protegió la identidad de los participantes, y los hallazgos fueron orientados a mejorar la seguridad estructural de las viviendas, promoviendo un impacto positivo en la comunidad.

V. Resultados y discusión

5.1. Resultados

Periodos de frecuencia

Tabla 2

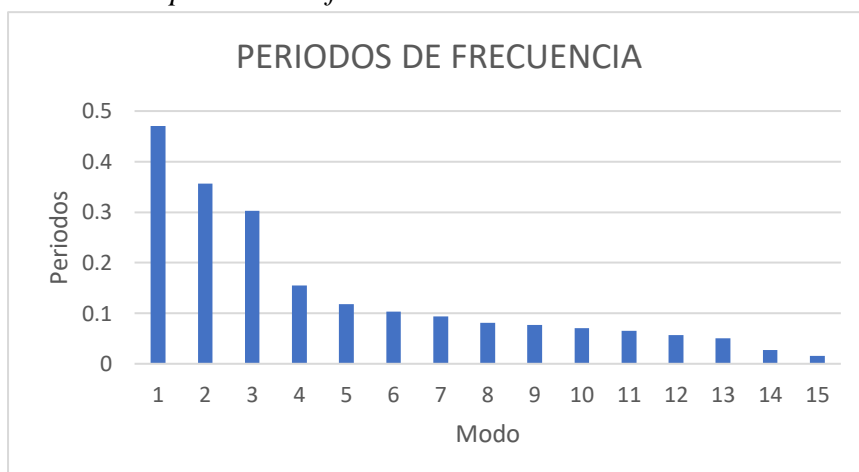
Periodos de frecuencia vivienda N°01

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad ² /sec ²
Modal	1	0.47	2.127	13.3638	178.5912
Modal	2	0.356	2.808	17.6463	311.3915
Modal	3	0.303	3.296	20.7077	428.8079
Modal	4	0.155	6.435	40.4327	1634.8007
Modal	5	0.118	8.472	53.234	2833.854
Modal	6	0.103	9.686	60.8581	3703.7105
Modal	7	0.094	10.621	66.7323	4453.1978
Modal	8	0.081	12.301	77.2888	5973.5635
Modal	9	0.077	13.035	81.9031	6708.1167
Modal	10	0.071	14.129	88.7739	7880.8077
Modal	11	0.065	15.434	96.9744	9404.043
Modal	12	0.057	17.467	109.749	12044.85
Modal	13	0.05	20.144	126.5711	16020.2394
Modal	14	0.027	37.634	236.459	55912.8664
Modal	15	0.016	60.78	381.8902	145840.1112

Nota. Periodos y frecuencias obtenidas mediante análisis modal espectral en software ETABS del inmueble N°1. Elaboración propia.

Figura 1

Resumen de periodos de frecuencia vivienda N°01



Nota. Distribución de los periodos de vibración por nodo estructural ende la inmueble 1. Elaboración propia.

La figura presenta la distribución como se distribuyen los períodos de vibración correspondientes a los primeros 15 modos de una estructura. Se observa que el primer modo tiene el mayor período, lo que indica que representa el movimiento global predominante de la estructura. A medida que se avanza hacia modos superiores, los períodos disminuyen, reflejando vibraciones más localizadas y de mayor frecuencia. Este comportamiento es típico en análisis modales, y el primer modo suele ser el más relevante para el diseño ante sismos, ya que representa la respuesta principal frente a cargas dinámicas.

Tabla 3

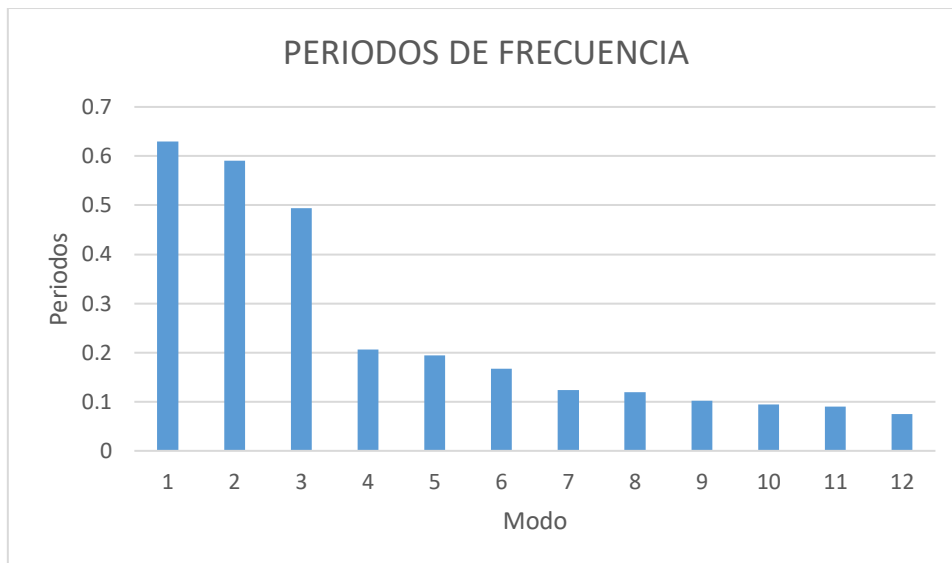
Periodos de frecuencia vivienda N°02

Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad²/sec²
Modal	1	0.63	1.588	9.9771	99.5431
Modal	2	0.591	1.693	10.6377	113.1614
Modal	3	0.494	2.024	12.7149	161.6693
Modal	4	0.206	4.846	30.4478	927.0676
Modal	5	0.194	5.151	32.3666	1047.5969
Modal	6	0.167	6.004	37.7249	1423.1716
Modal	7	0.124	8.046	50.5572	2556.0314
Modal	8	0.119	8.419	52.8957	2797.9499
Modal	9	0.102	9.852	61.8991	3831.5017
Modal	10	0.094	10.583	66.4979	4421.9718
Modal	11	0.09	11.117	69.8503	4879.0706
Modal	12	0.075	13.286	83.4798	6968.8728

Nota. Periodos y frecuencias obtenidas mediante análisis modal espectral en software ETABS del inmueble N° 2. Elaboración propia.

Figura 2

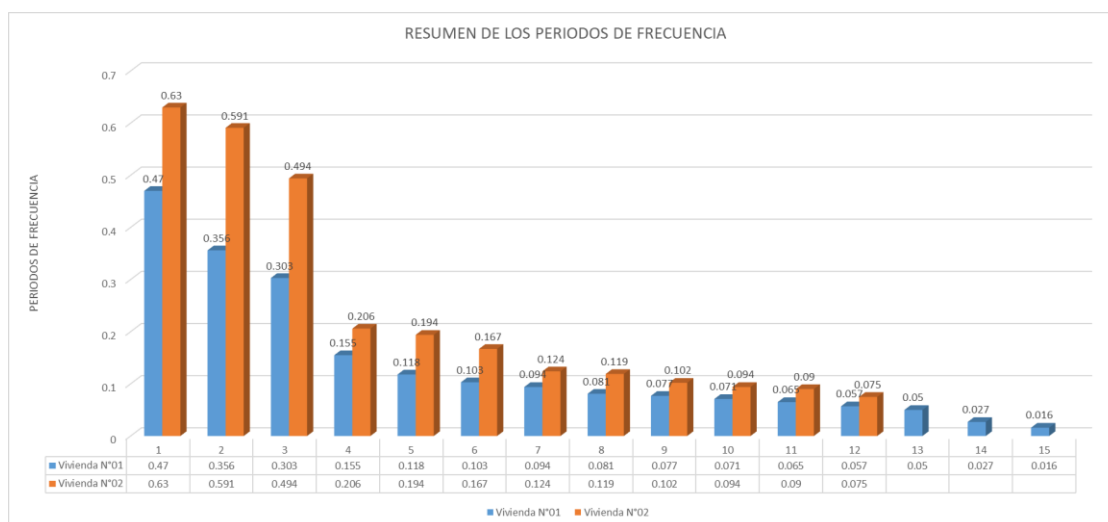
Resumen de periodos de frecuencia vivienda N°02



Nota. Distribución de los periodos de vibración por nodo estructural del inmueble N° 2.

Elaboración propia.

La figura representa los períodos de vibración correspondientes a los primeros 12 modos de una estructura. El primer modo tiene el mayor período, indicando que representa la deformación global más significativa de la estructura. A medida que se avanza hacia modos superiores, los períodos disminuyen progresivamente, lo que indica vibraciones más localizadas y de menor impacto en el comportamiento global. Esto es consistente con el comportamiento esperado en estructuras aperticadas. Los modos iniciales son los más relevantes para el diseño sísmico, ya que influyen predominantemente en comportamiento estructural ante un evento sísmico.

Figura 3*Resumen de los Periodos de frecuencia*

Nota. Comparación de los periodos de vibración entre ambas inmuebles. Elaboración propia.

La figura ilustra una comparación de los períodos de vibración para dos viviendas (N°01 y N°02) en sus primeros 15 modos. Los resultados muestran que la vivienda N°01 tiene períodos ligeramente menores en los primeros modos en comparación con la vivienda N°02, lo que indica una mayor rigidez estructural en la primera. A medida que se incrementan los modos, la diferencia entre los períodos se reduce, lo cual refleja que ambos sistemas estructurales presentan un comportamiento dinámico similar en los modos superiores.

El primer modo, con los períodos más altos (0.47 s y 0.63 s para las viviendas N°01 y N°02, respectivamente), domina la respuesta global, siendo crucial para el análisis sísmico. Las diferencias observadas pueden atribuirse a variaciones en la configuración estructural, como la distribución de masas, la rigidez de los materiales o posibles irregularidades geométricas. Este análisis es fundamental para determinar las necesidades de reforzamiento o ajustes en el diseño estructural de las viviendas evaluadas.

Tabla 4*Desplazamiento del centro de masa vivienda N°01*

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCC M	YCC M	XCR	YCR
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	m	m
Piso 1	D1	8080.98	8080.98	4.7233	3.954	8080.98	8080.98	4.7233	3.954	0.2947	0.1881
Piso 2	D2	7498.58	7498.58	5.3254	4.2907	7498.58	7498.58	5.3254	4.2907	2.9631	2.3305
Piso 3	D3	7498.58	7498.58	5.3254	4.2907	7498.58	7498.58	5.3254	4.2907	3.6885	2.9037
Piso 4	D4	6966.37	6966.37	5.341	4.3463	6966.37	6966.37	5.341	4.3463	3.9325	3.1336
Piso 5	D5	1398.86	1398.86	5.0243	2.3616	1398.86	1398.86	5.0243	2.3616	4.4283	2.9099

Nota. Desplazamiento del centro de masa y radio de giros por nivel del inmueble N° 1.

Elaboración propia.

El análisis dinámico en ETABS indica que en Story1 la masa en las direcciones X e Y es de 8080.98 kgf-s²/m, con un centro de masa en X = 4.7233 m y Y = 3.954 m, mientras que el centro de rigidez está en X = 4.7233 m y Y = 3.954 m, mostrando una diferencia mínima entre ambos. En Story5, la masa disminuye a 1398.86 kgf-s²/m, y los centros de masa y rigidez se encuentran en X = 5.0243 m y Y = 2.3616 m, con un mayor desfase entre ellos. Los radios de giro en Story1 son XCR = 0.2947 m y YCR = 0.1881 m, mientras que en Story5 alcanzan XCR = 4.4283 m y YCR = 2.9099 m, reflejando una distribución de rigidez desigual en los niveles superiores. Estos datos evidencian una mayor vulnerabilidad torsional en los últimos pisos, lo que requiere ajustes para mejorar la estabilidad

Tabla 5*Desplazamiento del centro de masa vivienda N°02*

Story	Diaphragm	Mass X	Mass Y	XCM	YCM	Cum Mass X	Cum Mass Y	XCC M	YCC M	XCR	YCR
		kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	kgf-s ² /m	kgf-s ² /m	m	m	m	m
Piso 1	D1	13283.74	13283.74	4.5823	8.8734	13283.74	13283.74	4.5823	8.8734	5.9088	8.5364
Piso 2	D2	12740.36	12740.36	4.6871	8.8729	12740.36	12740.36	4.6871	8.8729	5.9318	8.5916
Piso 3	D3	12610.87	12610.87	4.5175	8.9999	12610.87	12610.87	4.5175	8.9999	5.9438	8.635
Piso 4	D4	6370.95	6370.95	6.214	9.5979	6370.95	6370.95	6.214	9.5979	6.0446	8.9174

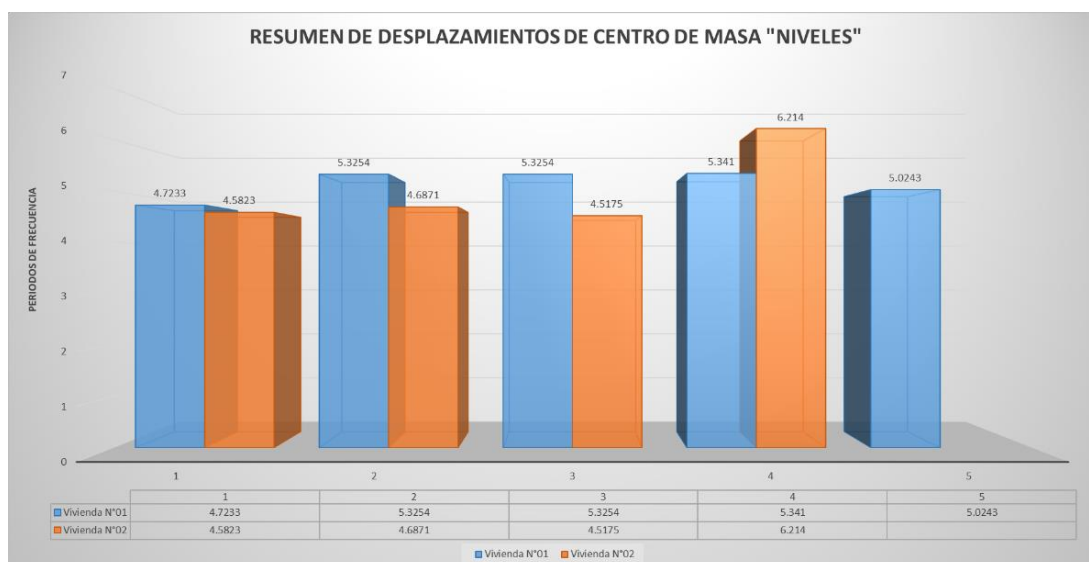
Nota. Desplazamiento del centro de masa y radio de giros por nivel del inmueble N°2.

Elaboración propia.

El análisis dinámico de la estructura muestra que en Story1, la masa en las direcciones X e Y es de 13283.74 kgf-s²/m, con el centro de masa y rigidez ubicados en X = 4.5823 m y Y = 8.8734 m, lo que evidencia una buena alineación inicial. A medida que se asciende, la masa disminuye, alcanzando 6370.95 kgf-s²/m en Story4, donde el centro de masa se desplaza significativamente a X = 6.214 m y Y = 9.5979 m, lo que indica una posible irregularidad geométrica o de carga. Los radios de giro también muestran variaciones, siendo mayores en los niveles superiores (XCR = 6.0446 m, YCR = 8.9174m en Story4), lo que sugiere una distribución desigual de la rigidez. Este comportamiento podría generar efectos torsionales en los pisos superiores, requiriendo medidas de ajuste para mejorar el equilibrio dinámico de la estructura.

Figura 4

Resumen de los desplazamientos del centro de masa



Nota. Comparación del desplazamiento del centro de masa entre los inmuebles.

Elaboración propia.

La figura N° 4 compara los desplazamientos de los centros de masa en diferentes niveles para dos viviendas (N°01 y N°02). Se observa que en los niveles inferiores, como el Nivel 1, los centros de masa están alineados de forma similar, con valores cercanos (4.7233 m en la vivienda N°01 y 4.5823 m en la vivienda N°02), lo que refleja una distribución homogénea de las cargas. Sin embargo, a medida que se asciende, se evidencia una mayor discrepancia, especialmente en el Nivel 4, donde la vivienda N°02 presenta un desplazamiento notablemente mayor (6.214 m) en comparación con la vivienda N°01 (5.341 m). Esta diferencia sugiere una irregularidad en la distribución de masas o configuraciones geométricas diferentes en los niveles superiores de la vivienda N°02, lo que puede incrementar la vulnerabilidad torsional. Este comportamiento es crucial para el diseño sismorresistente, ya que un centro de masa desalineado respecto al centro de rigidez puede generar esfuerzos adicionales durante un sismo.

Desplazamientos máximos de entrepisos (derivadas)

Tabla 6

Desplazamiento de entrepisos (derivadas) Vivienda N°01.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Piso 5	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.004541	26	3.51	-0.6	13.64
Piso 4	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.007381	15	0.6458	9.6281	11.34
Piso 3	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.01174	15	0.6458	9.6281	8.64
Piso 2	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.011649	10	5.87	8.83	5.94
Piso 1	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.005254	10	5.87	8.83	3.24

Nota. Derivas máximas de entrepisos en el inmueble N°1. Elaboración propia

La tabla N° 5 presenta las derivadas de entrepiso en la dirección X para la Vivienda N°01, donde el valor máximo se encuentra en Story3 (0.01174), reflejando la mayor deformación relativa en este nivel. Las derivadas disminuyen hacia los niveles superiores e inferiores, con el valor más bajo en Story5 (0.004541). Estos resultados indican que los niveles intermedios concentran mayores esfuerzos laterales, lo que podría influir en el diseño estructural. Los desplazamientos en Z también disminuyen hacia la base, evidenciando estabilidad general en los niveles inferiores.

Tabla 7

Desplazamiento de entrepisos (derivadas) Vivienda N°02.

Story	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Piso 4	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.009941	18	8.8	17.26	13.32
Piso 3	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.01912	19	0	17.26	10.38
Piso 2	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.027144	19	0	17.26	7.14
Piso 1	S.D X	LinRespSpec	Max	X	0.027068	2	8.8	16.01	3.9

Nota. Derivas máximas de entrepisos en el inmueble N°2. Elaboración

La tabla N°6 muestra las derivadas de entrepiso en la dirección X para la Vivienda N°02, con el valor máximo en Story2 (0.027144), indicando mayor deformación relativa en este nivel.

Las derivas disminuyen hacia Story4 (0.009941), reflejando menor esfuerzo lateral en los pisos superiores. Los desplazamientos en las coordenadas X, Y y Z evidencian un mayor desalineamiento en Story4 y Story1, con valores en Z de 13.32 m y 3.9 m, respectivamente. Este patrón sugiere una distribución de rigidez variable entre los niveles.

Figura 5

Resumen de desplazamientos máximos de entrepisos (derivadas)



Nota. Comparación de derivas máximas entre ambos inmuebles. Elaboración propia.

La figura N° 5 compara las derivas máximas de entrepiso de las viviendas N°01 y N°02. La vivienda N°02 muestra mayores derivas en todos los niveles, alcanzando su valor máximo en Story2 (0.027144), mientras que la vivienda N°01 registra su mayor deriva en Story3 (0.1174). Estos resultados indican que la vivienda N°02 presenta mayor deformación relativa, lo que podría aumentar su vulnerabilidad estructural ante cargas sísmicas. Las menores derivas en la vivienda N°01 reflejan una mejor distribución de rigidez lateral.

Desplazamientos máximos de entrepisos (Envolvente)

Tabla 8

Reacción en la base Vivienda N°01.

Pisos	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Piso 5	EMVOL	Combination	Max	X	0.000291	26	3.51	-0.6	13.64
Piso 4	EMVOL	Combination	Max	X	0.00041	15	0.6458	9.6281	11.34
Piso 3	EMVOL	Combination	Max	X	0.000651	15	0.6458	9.6281	8.64
Piso 2	EMVOL	Combination	Max	X	0.000638	10	5.87	8.83	5.94
Piso 1	EMVOL	Combination	Max	X	0.000351	10	5.87	8.83	3.24

Nota. Derivas máximas obtenidas de la combinación envolvente del inmueble N°1.

Elaboración propia

La tabla N° 7 presenta los desplazamientos máximos de entrepiso (derivadas) en la Vivienda N°01 para la envolvente, en dirección X. El mayor desplazamiento se encuentra en el piso 3 con una deriva de 0.000651, lo que indica que este nivel concentra mayor deformación relativa. En contraste, el menor desplazamiento se observa en Story5 con 0.000291. Las coordenadas X, Y y Z reflejan los desplazamientos específicos, siendo el más significativo en Z para Story5 (13.64 m), posiblemente debido a su menor rigidez. Este análisis evidencia la necesidad de reforzar los niveles intermedios para mejorar la respuesta estructural.

Tabla 9

Reacción en la base Vivienda N°02

pisos	Output Case	Case Type	Step Type	Direction	Drift	Label	X m	Y m	Z m
Piso 4	EMVOL	Combination	Max	X	0.00083	18	8.8	17.26	13.32
Piso 3	EMVOL	Combination	Max	X	0.001643	19	0	17.26	10.38
Piso 2	EMVOL	Combination	Max	X	0.002348	19	0	17.26	7.14
Piso 1	EMVOL	Combination	Max	X	0.0024	2	8.8	16.01	3.9

Nota. Derivas máximas obtenidas de la combinación envolvente del inmueble N°2.

Elaboración propia

La tabla N° 8 muestra presenta los desplazamientos máximos de entrepiso (derivas) de la Vivienda N°02 en dirección X, con el mayor valor de deriva en Story1 (0.0024) y el menor en Story4 (0.00083). Los desplazamientos en las coordenadas X, Y y Z indican un desplazamiento máximo en Z para Story4 (13.32 m), mientras que en Y el valor permanece constante en los niveles superiores (17.26 m). Estos resultados reflejan una distribución de rigidez variable, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad en los niveles inferiores ante cargas combinadas.

Figura N°6

Resumen de desplazamientos máximos de entrepisos (derivas)



Nota. Comparación derivas máximas obtenidas de la combinación envolvente ambos inmuebles. Elaboración propia.

La figura compara las derivas máximas de entrepiso entre las viviendas N°01 y N°02. La Vivienda N°02 presenta mayores derivas en todos los niveles, alcanzando un valor máximo de 0.00224 en el piso 2, mientras que la Vivienda N°01 registra su mayor deriva en Story3 con 0.000651. Esto indica que la Vivienda N°02 tiene una mayor deformación relativa, lo que podría representar un comportamiento más crítico ante cargas laterales. Las diferencias reflejan variaciones en la rigidez estructural de ambas viviendas, especialmente en niveles intermedios.

Reacción en la base

Tabla 10

Reacción en la base Vivienda N°01

Output Case	Case Type	Step Type	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ	X	Y	Z
			kgf	kgf	kgf	kgf-m	kgf-m	kgf-m	m	m	m
S.E X	LinStatic		-30835.4	0	0	2331.92	-246064.89	141780.69	0	0	0
S.E Y	LinStatic		0	-30835.4	0	234429.95	-3652.19	-177340.72	0	0	0
S.D X	LinRespSpec	Max	309388.19	232732.57	0	1823358.78	2581729.74	2065466.04	0	0	0
S.D Y	LinRespSpec	Max	308105.48	342359.07	0	2667923.68	2501616.17	3107323.74	0	0	0

Nota. Fuerzas y momentos en las bases obtenidos de los análisis sísmicos del inmueble N°1.

Elaboración propia.

La tabla muestra las reacciones en la base de la Vivienda N°01, evidenciando fuerzas y momentos generados bajo diferentes condiciones de carga. En el caso estático en dirección X (S.E X), se registra una fuerza de -30835.4 kgf y un momento de 141780.69 kgf·m en Z, reflejando la distribución de cargas horizontales. En el análisis sísmico dinámico (S.D X), las reacciones aumentan significativamente, alcanzando una fuerza de 309388.19 kgf en X y un momento de 2065466.04 kgf·m en Z. Estos valores destacan la necesidad de un diseño adecuado para resistir cargas dinámicas extremas.

Tabla 11

Índices de participación en la carga modal Vivienda N°01.

Case	ItemType	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	100	100
Modal	Acceleration	UY	100	100
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Nota. Participación modal de las aceleraciones por dirección del inmueble N° 1.

Elaboración propia.

La tabla N° 10 muestra los índices de participación modal en la Vivienda N°01, destacando que las aceleraciones en las direcciones UX y UY participan al 100% tanto en análisis estático como dinámico, lo que refleja una contribución total de estas componentes en el comportamiento estructural. En contraste, la dirección UZ no presenta participación (0%), indicando que las cargas verticales no tienen influencia significativa en las respuestas modales. Esto sugiere que el diseño debe priorizar la resistencia lateral ante eventos dinámicos, como sismos.

Tabla 12

Reacción en la base Vivienda N°02

Output Case	Case Type	Step Type	FX kgf	FY kgf	FZ kgf	MX kgf-m	MY kgf-m	MZ kgf-m	X	Y	Z
S.E X	LinStatic		-44135.73	0	0	0	-411234.37	438671.99	0	0	0
S.E Y	LinStatic		0	-44135.73	0	411234.37	0	-238185.56	0	0	0
S.D X	LinRespSpec	Max	663837.25	204964.12	0	1840366.46	5988676.62	7492145.95	0	0	0
S.D Y	LinRespSpec	Max	295879.63	631077.89	0	5616654.52	2636499.01	5032366.41	0	0	0

Nota. Fuerzas y momentos en los bases obtenidos de los análisis sísmicos del inmueble

N°2. Elaboración propia.

La tabla detalla las reacciones en la base de la Vivienda N°02 bajo cargas estáticas y dinámicas. En el caso estático en dirección X (S.E X), se observa una fuerza de -44135.73 kgf y un momento de 438671.99 kgf·m en Z. En el análisis dinámico (S.D X), las reacciones aumentan significativamente, con una fuerza de 663837.25 kgf en X y un momento de 7492145.95 kgf·m en Z. Estos resultados reflejan la alta demanda de carga dinámica en la estructura, enfatizando la necesidad de un diseño sismorresistente robusto.

Tabla 13*Índices de participación en la carga modal Vivienda N°02*

Case	ItemType	Item	Static %	Dynamic %
Modal	Acceleration	UX	100	100
Modal	Acceleration	UY	100	100
Modal	Acceleration	UZ	0	0

Nota. Participación modal de las aceleraciones por dirección del inmueble N°2.

Elaboración propia

La tabla muestra los índices de participación modal para la Vivienda N°02, evidenciando que las aceleraciones en las direcciones UX y UY tienen una contribución total (100%) en los análisis estático y dinámico. Esto indica que las fuerzas laterales son las que predominan en la respuesta estructural. Por otro lado, la dirección UZ presenta una participación nula (0%), lo que refleja que las cargas verticales no afectan significativamente los modos de vibración. Esto resalta la necesidad de un diseño optimizado para cargas horizontales.

5.2. Discusiones

Los hallazgos derivados del análisis de las viviendas aporticadas del sector de Antabamba Baja Tamburco muestran una significativa vulnerabilidad sísmica, alineándose por los resultados obtenidos por investigaciones previas dentro del contexto nacional y también internacional Según Ordaz et al. (2024), el comportamiento dinámico de estructuras aporticadas en zonas sísmicas está directamente relacionado con deficiencias en la rigidez lateral y la distribución desigual de cargas. Este estudio internacional destaca que, aunque las estructuras de concreto reforzado son comunes en países sísmicamente activos, su desempeño está fuertemente condicionada por la calidad del diseño y la implementación de normativas rigurosas.

A nivel nacional, Montejo y Rojas (2021) evaluaron la vulnerabilidad de viviendas en áreas rurales del Perú y concluyeron que la falta de supervisión técnica durante la construcción aumenta significativamente el riesgo de colapso ante sismos moderados a severos. Los resultados de nuestra investigación corroboran esta problemática, ya que las derivas máximas y desplazamientos en las viviendas analizadas exceden los límites establecidos por la Norma E.030 – Diseño Sismorresistente, lo que evidencia la necesidad de reforzar la capacidad estructural de estas edificaciones.

Asimismo, estudios como el de Guzmán y Torres (2022) han subrayado la importancia de realizar análisis modales y dinámicos para identificar los modos críticos de vibración en edificaciones aporticadas. En nuestro caso, los modos inferiores dominan la respuesta estructural, lo que sugiere una alta sensibilidad a cargas sísmicas en los primeros niveles. Esto concuerda con investigaciones de Ismail (2020), quien destacó que las edificaciones con centros de masa desalineados respecto al centro de rigidez presentan un comportamiento torsional crítico, aumentando la vulnerabilidad global.

Por otro lado, en el ámbito internacional, Carranza y Carranza (2021) enfatizan la efectividad de estrategias de reforzamiento como el uso de sistemas de amortiguamiento y fibras de carbono para mejorar la rigidez y ductilidad de estructuras aporricadas. Aplicar estas medidas en las viviendas de Antabamba podría reducir considerablemente su vulnerabilidad, mejorando su respuesta frente a movimientos sísmicos.

VI. Conclusiones

1. Se determinó que las viviendas aporticadas del sector de Antabamba Baja – Tamburco tienen un alto grado de vulnerabilidad sísmica, evidenciado mediante análisis dinámicos, modales y de derivas de entrepiso. Las principales causas de esta vulnerabilidad son la irregularidad geométrica y la desalineación entre los centros de masa y rigidez, lo que genera efectos torsionales adversos durante los sismos, incrementando el riesgo de daño estructural.
2. Los resultados del análisis estructural mostraron que las derivas máximas en niveles intermedios, como en el piso 3, sobrepasan los valores máximos establecidos en la norma E.030. Esto indica que la rigidez lateral de la estructura es insuficiente para resistir las fuerzas sísmicas, lo cual podría poner en riesgo la integridad de edificio. Por ello, se requiere implementar medidas de reforzamiento en los niveles críticos para incrementar la estabilidad integral de la estructura.
3. Se observó que la configuración estructural de las viviendas presenta desalineaciones significativas entre los centros de masa y rigidez, especialmente en los niveles superiores. Estas discrepancias generan un comportamiento torsional marcado, lo que afecta la estabilidad de la edificación frente a eventos sísmicos. Es fundamental revisar y optimizar el diseño estructural, mejorando la distribución de rigidez y masa para mitigar estos efectos negativos.
4. El análisis dinámico realizado evidenció que los modos inferiores predominan en la respuesta sísmica de las viviendas, concentrando los mayores esfuerzos en los niveles bajos e intermedios. Este comportamiento implica que las viviendas del sector son altamente vulnerables a sismos moderados y severos, lo que podría ocasionar colapsos parciales o totales si no se adoptan medidas correctivas, como sistemas de disipación de energía y refuerzos estructurales.

VII. Recomendaciones

1. Para mitigar los efectos de carga dinámicas, se recomienda instalar disipadores sísmicos en las viviendas aporricadas del sector de Antabamba Baja – Tamburco para reducir los efectos de las cargas dinámicas. Este sistema permitirá controlar el desplazamiento lateral y minimizar el impacto de los esfuerzos torsionales, aumentando la seguridad estructural frente a eventos sísmicos.
2. Refuerzo en niveles intermedios y críticos, con base en el análisis de derivas máximas, se aconseja realizar reforzamientos en los niveles intermedios, específicamente en Story3, utilizando técnicas como el uso de placas de acero o fibras de carbono en columnas y vigas. Esto mejorará la rigidez lateral y reducirá las deformaciones durante movimientos sísmicos.
3. Optimización de la configuración estructural, se sugiere llevar a cabo una redistribución de las masas en los niveles superiores para disminuir las desalineaciones entre el centro de masa y el centro de rigidez. Esta optimización puede lograrse mediante la eliminación de sobrecargas o una adecuada disposición de elementos estructurales y no estructurales.
4. Capacitación técnica y supervisión en construcción, se recomienda implementar un programa de capacitación para los constructores locales, enfocado en las normativas de diseño sismorresistente y en buenas prácticas de construcción. Además, se debe garantizar una supervisión técnica estricta durante el proceso constructivo para evitar deficiencias estructurales que comprometan la seguridad de las viviendas.

VIII. Referencias

- Acedo, T. E. (2021). *Desempeño sísmico de una vivienda aporticada de cuatro niveles con el sistema de reforzamiento encamisado de concreto en Lima, San Borja*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85100>
- Albarracin, O., Saldivar, M., & GarinoLibardi, L. (2016). *Alternativas tecnológicas para la mitigación de la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe*. Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra (SIACOT 2013).
- Araca, L. F., Gómez, C. L., Cahui, G. A., & Marín, M. G. (2020). Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas aporticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, 7(2), 70-81. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2020.007.02.070>
- Arias López, L. A. (2012). *Biomecánica y patrones funcionales de la mano*. [Tesis para optar el título de ingeniero, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/41933>
- Aroquipa, H. (2018). *Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificaciones: Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en C°A° mediante análisis dinámico no lineal simplificado* [Tesis de Maestría, Universidad de los Andes]. <https://hdl.handle.net/1992/13900>
- Avgerinou, S., & Vayas, I. (2020). Aceros de alta resistencia sobre elementos disipativos en sistemas sismorresistentes: Ensayos y simulaciones. *Revista de investigación del acero para la construcción*, 172, 106173. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2020.106173>
- Awad, R. (2012). Influencia de los muros de mampostería en el comportamiento de las estructuras aporticadas: una explicación a los daños por los sismos de octubre de 1992 en Medellín. *Revista Universidad EAFIT*, 29(90), 71-79.

<https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/1447>

- Barbat, A. H. (1998). *Vulnerabilidad y daño sísmicos: concepto y evaluación*. Recuperado de UPCOMMONS
- Blanco, N., & Pirela, J. (2022). La complementariedad metodológica: Estrategia de integración de enfoques en la investigación social . *Espacios públicos* , 18(45).
- Burgos, L. C., Rementeria, P. J., Espinoza, O. J., & Rodríguez, G. A. (2021). Aprendizaje basado en proyectos aplicados en la asignatura de materiales de construcción. *Formación universitaria*, 14(2), 105-112. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062021000200105>
- Caicedo, C. C., Barbat, B. H., Canas, T. J., & Aguiar, F. R. (1994). *Vulnerabilidad sísmica de edificios*. <http://hdl.handle.net/2117/27020>
- Caminotti, M., & Toppi, H. P. (2020). *Metodología de la investigación social: caja de herramientas*. Eudeba.
- Carranza, G. A., & Carranza, G. M. (2021). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica y reforzamiento estructural de viviendas en los sectores 16 de Octubre y Santa Rosa, Chachapoyas*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/89018>
- Carrillo, J. (2008). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de estructuras utilizando un diseño por desempeño. *Dyna*, 75(155), 91-102.
- Castillo, L. R. (2024). *Evaluación de la respuesta sísmica no lineal de estructuras aporticadas paramétricas de concreto armado con irregularidad vertical de piso blando*. [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://hdl.handle.net/20.500.12404/27904>

- Chopra, A. K. (2017). *Dynamics of structures: Theory and applications to earthquake engineering* (5th ed.). Pearson.
- Computers and Structures Inc. (2016). *ETABS – Integrated building design software*.
[Software] <https://www.csiamerica.com/products/etabs>
- Córdoba, N. S., Astorquia, L. E., Alegrichy, A. H., Díaz, F. A., & Medina, O. J. (2023). *Seminario Metodológico*. Fonte: <http://hdl.handle.net/2133/25466>
- Criado, R. D., Pacheco, V. W., & Afanador-García, N. (2020). Vulnerabilidad sísmica de centros poblados: estudio de caso. *Revista Ingenio*, 17(1), 43-48.
- Cunalata, F., & Caiza, P. (2022). Estado del Arte de Estudios de Vulnerabilidad Sísmica en Ecuador. *Revista Politécnica*, 50(1), 55-64. <https://doi.org/10.33333/rp.vol50n1.06>
- Delgado, G. (2010). *Diseño de estructuras aperticadas de concreto armado*. EDICIVIL.
- Deulofeu, E. R., Alonso, F. L., & Chang, S. L. (2022). Proceso de diseño sismorresistente de edificios de viviendas de mampostería reforzada para zonas de alta peligrosidad sísmica. *Informes de la Construcción*, 74(566), e445-e445. <https://doi.org/10.3989/ic.85554>
- Espinoza (2020). *La ética en las investigaciones educativas*. Universidad y Sociedad, 12(4), 333–340. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/1652>
- Estrada, A. K., & Vivanco, P. N. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica, análisis estructural y diseño del reforzamiento de una vivienda de tres pisos ubicada en el norte de Quito-Ecuador* [Tesis de licenciatura, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20314>
- Federal Emergency Management Agency. (2015). *Seismic evaluation and retrofit of existing buildings (FEMA 547)*. <https://www.fema.gov/emergency-managers/risk-management/building-science/seismic-retrofit>
- Foraboschi, P. (2020). Optimal design of seismic resistant RC columns. *Materials*. 13(8),

1919. <https://doi.org/10.3390/ma13081919>
- Franco, R. Y., González, D. L., Milanes, C. B., Félix, L. N., & Calderín, M. F. (2022). Mampostería confinada vs pórticos de hormigón: Selección de alternativas para viviendas por esfuerzos propios en Cuba. *Módulo Arquitectura CUC*, 29(1), 223-235. <https://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.30.1.2023.04>
- Gómez, E. G. (2021). Métodos y técnicas de investigación utilizados en los estudios sobre comunicación en España. *Revista mediterránea de comunicación*, 12(1), 115-127. <https://doi.org/10.14198/MEDCOM000018>
- Gulfo, M. A., & Serna, H. L. (2015). Vulnerabilidad sísmica de la infraestructura escolar urbana en Girardot-Cundinamarca. *Ingenierías*, 18(68), 23-31.
- Guzmán, L. Y., & Torres, P. M. (2022). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de un edificio de cinco niveles utilizando Sap2000 y Cypecad en Cusco Perú*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil, Universidad César Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97248>
- Hernández, S. R., & Mendoza, C. (2020). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-hill.
- Herrera, M. G., Parra, G., Arévalo, D., Guaminga, E., & Hernández, L. (. (2022). Analysis of the reinforcement of an informally constructed structure using walls jacketing. *Gaceta Técnica*, 23(2), 4-22. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica232.2>
- Ilasaca, C. Y., & Pumachara, C. R. (2022). *Análisis comparativo en el proyecto de viviendas multifamiliares de 04 niveles entre sistema de placas con sistemas aporticados, utilizando la metodología BIM en la ciudad de Sicuani 2018*. [Tesis para optar el título de ingeniero civil] <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6264>
- Ismail, M. (2020). Nuevo enfoque para el diseño sismorresistente y la mitigación de la torsión estructural. *Estructuras de Ingeniería*, 207, 110092.

<https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.11009>

Kramer, S. L. (1996). *Geotechnical earthquake engineering*. Prentice Hall.

<https://books.google.com/books?id=IYB4QgAACAAJ>

Lagomarsino, S., & Giovinazzi, S. (2006). Macroseismic and mechanical models for vulnerability and damage assessment of buildings. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4(4), 415–443. <https://doi.org/10.1007/s10518-006-9024-z>

Lara, M. L., & Gallegos, M. (2018). Estructuras Aporticadas de Hormigón Armado que Colapsaron en el Terremoto del 16 de Abril de 2016 en Tabuga–Ecuador. *Revista Politécnica*, 42(1), 37-46.

Luna, H. J. (2021). *Diseño y evaluación del desempeño sismorresistente de un edificio aporticado de concreto armado de diez pisos, Abancay, Apurímac*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo] <https://hdl.handle.net/20.500.12692/69292>

Marticorena, M. E. (2021). *Análisis de Concreto Postensado en el Diseño de una Estructura Aporticada con una Luz de 12 Metros, Huancayo. UPLA*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Peruana Los Andes] <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2640>

Mazza, F. (2021). Combinación de diferentes tipos de tirantes amortiguados para el control sísmico de dos niveles de edificios con estructura de RC. *Revista de Ingeniería de la Construcción*, 44, 103268. <https://doi.org/10.1016/j.jobc.2021.103268>

Meza, K., Blázquez, A., González-Drigo, R., Lantada, N., & Pujades, L. (2021). *Guía para la reducción de la vulnerabilidad sísmica (Proyecto cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. POCRISC)*.

https://pocrisc.eu/sites/default/files/documents/E4.2.3%20Guia_Reduccin%20Vulnerabilidad%20POCRISC_FINAL.pdf

- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2019). *Reglamento Nacional de Edificaciones Norma Técnica E.030 Diseño sismorresistente*.
<https://www.gob.pe/institucion/vivienda/informes-publicaciones/164018>
- Montejo, G. B., & Rojas, L. J. (2021). *Diagnóstico del nivel de vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada en sector "A" del asentamiento humano Santa Julia-Piura*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Cesar Vallejo] <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91188>
- Mucha, H. L., Chamorro, M. R., Oseda-Lazo, M. E., & Alania, C. R. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos*, 12(1), 50-57.
<https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253>
- Municipalidad de Tamburco. (2020). *Plan de desarrollo concertado del distrito de Tamburco*. <https://idoc.pub/documents/pdc-tamburco-en5kq50p5eno>
- Muñoz, A. (2020). *Ingeniería Sismorresistente*. UDH CONECTA
- Ordaz, M., Miranda, R., Espinosa, C., & Reinoso, E. (2024). Evaluación sísmica y clasificación por riesgo potencial de colapso de edificios con planta baja débil. *Revista de Ingeniería Sísmica*, 112, 1–27. <https://doi.org/10.18867/RIS.112.656>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*. *International journal of morphology*, 35(1), 227-232. <http://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Paulay, T., & Priestley, M. J. N. (1992). *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*. Wiley. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9780470172841>
- Peralta, J. (2002). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones*. [Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, Universidad Nacional de Ingeniería].

- Quinatoa, M. J. (2022). *Evolución histórica de las normativas de diseño sismo resistente en América Latina. casos de estudio: Colombia, Ecuador, Perú y Chile (Bachelor's thesis, Riobamba*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9160>
- Quiroz, P. L. R. & Vidal, A. L. del R. (2015). *Evaluación del grado de vulnerabilidad sísmica estructural en edificaciones conformadas por sistemas aporticados y de albañilería confinada en el sector de La Esperanza parte baja – Trujillo. 2014*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/1146>
- Reboredo, A. (2021). *El diseño estructural*. CP67. CP67.
- Rotondo, L. M., & Barbat, A. H. (1999). *Diseño sismorresistente de edificios*. Reverté.
- Socarrás, Y. C., & Álvarez, E. R. (2021). Vulnerabilidad sísmica del sistema estructural prefabricado gran panel Soviético en edificios deteriorados y transformados. *Obras y proyectos*, 30, 60-73. <http://doi.org/10.4067/S0718-28132021000200060>

IX. Anexos

Anexo N° 1.....: Matriz de consistencia.

Anexo N° 2.....: Matriz de operacionalización de variables

Anexo N° 3..... : Estudio de suelos

Anexo N° 4..... : Prueba para comprobar la resistencia del concreto con esclerómetro

Anexo N° 5.....: Modelamiento de ETABS

Anexo N° 6..... : Planos de las viviendas

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes