

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

**Evaluación estructural y propuesta de reconstrucción de la casona de  
Auquibamba, distrito de Pichirhua, Apurímac – 2024**

Asesor:

MSc. Maldonado Mendivil Ángel

Autor:

Cárdenas Sierra David

Para optar el título profesional:

Ingeniero Civil

Abancay- Apurímac – Perú

2025



# Universidad Tecnológica de los Andes



Transformando vidas

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TÍTULO PROFESIONAL

Acta N°: 048

En la ciudad de Abancay, a los 22 días del mes de julio del 2025, siendo las 11:00 am horas, se reunieron los integrantes del Jurado designado por Resolución Directoral N° 0590-2025- EPIC-FI-UTEA-SA de fecha 11 de julio del 2025, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería:

Presidente :	Mag. Loayza Elguera, Rodrigo
Dictaminante :	Ing. Cayo Baca, Holguer
Replicante :	Ing. Gamarra Mota, Rubén

Para evaluar la sustentación, en la modalidad de:

Tesis  Trabajo de suficiencia profesional

Titulada:

**Evaluación estructural y propuesta de reconstrucción de la Casona Auquibamba, Distrito de Pichirhua, Apurímac - 2024**

Desarrollado por el (los) Bachiller (es):

**Br: Cardenas Sierra, David**

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: Unanimidad  
(Unanimidad o Mayoría) (\*)

Emitiéndose el calificativo final de:

Bachiller (Apellidos y Nombres)	Calificación (**)
Cardenas Sierra, David	Aprobado

Siendo las 12:10m horas concluyó la sesión, firmando los integrantes del Jurado.

Presidente: Mag. Loayza Elguera, Rodrigo

Dictaminante: Ing. Cayo Baca, Holguer

Replicante: Ing. Gamarra Mota, Ruben

Abancay 15 de agosto del 2025

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 342

(\*) 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.

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, Juan Antonio Trellés N° 513 Teléfono (083) 421752  
[www.utea.edu.pe](http://www.utea.edu.pe)




## 20% Similitud general

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

### Filtrado desde el informe

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

### Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 3%  Publicaciones
- 15%  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

<b>Datos del Autor</b>	
Apellidos y nombres	: Cárdenas Sierra David
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 70430757
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0009-0006-6125-5164">https://orcid.org/0009-0006-6125-5164</a>
<b>Datos del Asesor</b>	
Apellidos y nombres	: MSc. Maldonado Mendivil Angel
Tipo de Documento de Identidad	: DNI
Número de Documento de Identidad	: 06788424
URL ORCID	: <a href="https://orcid.org/0000-0001-9002-1910">https://orcid.org/0000-0001-9002-1910</a>
<b>Datos de la investigación</b>	
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	: 20 % de similitud
URL de OCDE	: <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford# 2.01.01</a>

## **Dedicatoria**

A mis padres; por su apoyo incondicional, en mi vida personal y profesional.

## **Agradecimiento**

A mi Asesor; por sus consejos y apoyo académico para culminar esta investigación.

## Resumen

El presente estudio Evaluación estructural y propuesta de reconstrucción de la casona de Auquibamba, distrito de Pichirhua, Apurímac – 2024, evalúa el estado estructural de la Casona de Auquibamba, con el objetivo de determinar su estabilidad y proponer una solución estructural adecuada para su conservación. La metodología utilizada incluye inspección visual, modelado estructural en SAP2000 y análisis de normativas vigentes, como la Norma E-080 de Adobe. Se empleó un enfoque cuantitativo-cualitativo con un diseño no experimental y nivel descriptivo-explicativo. Los resultados revelan un estado de colapso estructural parcial con pérdida significativa de capacidad portante debido a la degradación del adobe y eventos sísmicos acumulados. Se identificaron fisuras severas, desplomes y fallas estructurales, agravadas por humedad y falta de mantenimiento. El análisis estructural en SAP2000 indica una alta vulnerabilidad ante cargas dinámicas, con concentraciones críticas de esfuerzos en varios muros. Además, los valores de esfuerzo en los muros exceden los límites normativos de la Norma E-080, confirmando su inestabilidad. Dado el grado de deterioro y la inviabilidad del reforzamiento convencional, se concluye que la mejor solución es la reconstrucción total de la casona, respetando su diseño arquitectónico y aplicando técnicas que mejoren su comportamiento estructural acorde a la Norma E-080.

*Palabras clave:* evaluación estructural, adobe, vulnerabilidad sísmica, reconstrucción.

## **Abstract**

This study, Structural Evaluation and Proposed Reconstruction of the Auquibamba Mansion, Pichirhua District, Apurímac – 2024, assesses the structural condition of the Auquibamba Mansion, with the aim of determining its stability and proposing an appropriate structural solution for its conservation. The methodology used includes visual inspection, structural modeling in SAP2000, and analysis of current regulations, such as Adobe Standard E-080. A quantitative-qualitative approach was employed with a non-experimental design and a descriptive-explanatory level. The results reveal a state of partial structural collapse with significant loss of bearing capacity due to adobe degradation and accumulated seismic events. Severe cracks, slumps, and structural failures were identified, aggravated by humidity and lack of maintenance. Structural analysis in SAP2000 indicates high vulnerability to dynamic loads, with critical stress concentrations in several walls. Furthermore, the stress values in the walls exceed the regulatory limits of Standard E-080, confirming their instability. Given the degree of deterioration and the infeasibility of conventional reinforcement, it is concluded that the best solution is the complete reconstruction of the house, respecting its architectural design and applying techniques that improve its structural behavior in accordance with Standard E-080.

*Key words:* structural assessment, adobe, seismic vulnerability, reconstruction.

## Índice General

Portada .....	i
Metadatos .....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento .....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
<b>Índice General</b> .....	<b>ix</b>
Índice de tablas .....	xiii
Índice de Figuras .....	14
Índice de Anexos .....	15
I. Introducción .....	16
II. Planteamiento del problema.....	18
2.1. Descripción y formulación del problema.....	18
2.2. Objetivos .....	20
2.2.1. Objetivo General .....	20
2.2.2. Objetivo Específicos .....	20
2.3. Justificación e importancia .....	20
2.4. Hipótesis .....	22
2.4.1. Hipótesis General .....	22
2.4.2. Hipótesis Especificas.....	22
2.5. Variables .....	22

III. Marco Teórico .....	24
3.1. Antecedentes .....	24
3.1.1. Antecedentes Internacionales .....	24
3.1.2. Antecedentes Nacionales .....	28
3.1.3. Antecedentes Locales .....	29
3.2. Bases teóricas .....	30
3.2.1. Restauración .....	30
3.2.2. Materiales utilizados en edificaciones antiguas .....	35
3.2.3. Criterios para la evaluación y diagnóstico estructural .....	38
3.2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	39
3.2.5. Fallas de construcción en los adobes .....	40
3.2.6. Fallas en la madera.....	40
3.2.7. Identificación de patologías .....	41
3.2.8. Procesos patológicos .....	41
3.2.9. Método para el análisis estructural .....	42
3.3. Definición de términos.....	42
3.3.1. Evaluación estructural .....	42
3.3.2. Reforzamiento estructural .....	43
3.3.3. Casona.....	43
3.3.4. Patrimonio arquitectónico .....	43
3.3.5. Patologías estructurales .....	43
3.3.6. Adobe.....	43

3.3.7.	Mampostería .....	44
3.3.8.	Materiales de construcción tradicionales .....	44
3.3.9.	Cimentación .....	44
3.3.10.	Muros portantes .....	44
3.3.11.	Techos de madera y teja .....	44
3.3.12.	Normas técnicas de conservación y restauración .....	44
3.3.13.	Carta de Venecia.....	45
3.3.14.	Carta de Cracovia .....	45
3.3.15.	Carta de Washington.....	45
3.3.16.	Carta de Ámsterdam .....	45
3.3.17.	Norma E.080 (Adobe).....	45
3.3.18.	Norma E.030 (Diseño sismo resistente) .....	45
3.3.19.	SAP2000 (software de modelado estructural) .....	45
3.3.20.	Geomalla (técnica de reforzamiento).....	45
3.3.21.	Compatibilidad de materiales .....	46
3.3.22.	Criterios de diagnóstico estructural.....	46
3.3.23.	Proceso patológico en edificaciones antiguas .....	46
3.3.24.	Métodos de análisis estructural .....	46
3.3.25.	Fallas estructurales en adobe y mampostería .....	46
3.3.26.	Intervención estructural .....	46
3.3.27.	Deformación y colapso de estructuras.....	46
3.3.28.	Resistencia mecánica de materiales .....	47

3.3.29.	Sismo-resistencia en construcciones de adobe .....	47
3.3.30.	Conservación del patrimonio histórico .....	47
IV.	Metodología .....	48
4.1.	Tipo y nivel de Investigación .....	48
4.2.	Ámbito temporal y espacial .....	49
4.3.	Población y Muestra.....	50
4.4.	Instrumentos .....	50
4.5.	Procedimientos .....	51
4.6.	Análisis de datos.....	52
4.7.	Consideraciones Éticas.....	52
V.	Resultados y discusión .....	54
5.1.	Análisis de Datos y Resultados Procesados .....	54
5.1.1.	Estado actual de la casona.....	54
5.1.2.	Análisis de materiales.....	59
5.1.3.	Análisis Estructural de la Casona Auquibamba .....	60
5.1.4.	Propuesta de reconstrucción.....	65
5.2.	Discusión de resultados .....	67
5.3.	Prueba de hipótesis .....	68
VI.	Conclusiones .....	70
VII.	Recomendaciones .....	71
VIII.	Referencias.....	72

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Operacionalización de Variables .....	23
<b>Tabla 2</b>	Propiedades del Material .....	60
<b>Tabla 3</b>	Periodos de Vibración .....	62
<b>Tabla 4</b>	Verificación de esfuerzos Casona Auquibamba .....	63
<b>Tabla 5</b>	Esfuerzos sismo de 0.25g en dirección X-X.....	64

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Delimitación del área de investigación.....	50
<b>Figura 2</b>	Ubicación de la Casona Auquibamba.....	54
<b>Figura 3</b>	Fallas en la estructura .....	55
<b>Figura 4</b>	Fisuras y colapso en la edificación .....	55
<b>Figura 5</b>	Fisuras en Casona .....	56
<b>Figura 6</b>	Colapso de Muros de Casona .....	57
<b>Figura 7</b>	Plano de Casona.....	58
<b>Figura 8</b>	Vista 3d de la casona situación actual.....	59
<b>Figura 9</b>	Configuración de propiedades del adobe en Sap 2000 .....	60
<b>Figura 10</b>	Modelamiento en Sap2000 V.23 .....	61
<b>Figura 11</b>	Vista 3d en Sap2000 del modelamiento .....	61
<b>Figura 12</b>	Cimentación Propuesta Normativa E.080 del RNE.....	66

## **Índice de Anexos**

**Anexo 1.** Matriz de Consistencias

**Anexo 2.** Matriz de Operacionalización de Variables

**Anexo 3.** Panel fotográfico

**Anexo 4.** Planos

## **I. Introducción**

Las edificaciones patrimoniales de adobe representan un legado arquitectónico y cultural invaluable que ha perdurado a lo largo del tiempo, reflejando las técnicas constructivas tradicionales y la identidad histórica de diversas regiones. Sin embargo, su vulnerabilidad ante eventos sísmicos, agentes climáticos y el deterioro progresivo debido a la falta de mantenimiento, hacen necesario implementar estrategias de evaluación, reforzamiento o reconstrucción estructural que permitan su conservación sin comprometer su autenticidad y valor histórico.

En el caso específico de la casona de Auquibamba, ubicada en el distrito de Pichirhua, Apurímac, se ha identificado que su estructura de adobe presenta signos de deterioro y/o colapso que ponen en riesgo su estabilidad y funcionalidad. Esta situación hace imprescindible un estudio que evalúe su estado actual y de acuerdo a ello se proponga alternativas de reconstrucción estructural que sean compatibles con su materialidad original y cumplan con los estándares de conservación del patrimonio edificado.

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar el estado estructural de la casona de Auquibamba y plantear una propuesta de reconstrucción que garantice su estabilidad y preservación. Para ello, se aplicarán metodologías de inspección visual, análisis estructural y ensayos de caracterización de materiales, con el fin de identificar las principales deficiencias estructurales y determinar las soluciones más adecuadas para su intervención.

La relevancia de esta investigación radica en la necesidad de preservar el patrimonio arquitectónico de la región, promoviendo intervenciones sostenibles y respetuosas con la historia y el entorno cultural de la edificación. Además, los resultados de este estudio pueden servir como referencia para futuras intervenciones en edificaciones de características similares, contribuyendo al desarrollo de estrategias efectivas de conservación y reconstrucción estructural en construcciones de adobe.

A lo largo de esta investigación, se abordará una revisión de antecedentes nacionales e internacionales, así como un análisis de las metodologías utilizadas en la evaluación y reconstrucción de edificaciones patrimoniales. Posteriormente, se presentarán los resultados del diagnóstico estructural de la casona de Auquibamba y la propuesta de reconstrucción estructural, concluyendo con recomendaciones que faciliten su implementación y contribuyan a la preservación del patrimonio construido en la región de Apurímac.

## **II. Planteamiento del problema**

### **2.1. Descripción y formulación del problema**

#### **Descripción**

A nivel mundial, la conservación de edificaciones patrimoniales enfrenta grandes desafíos debido al deterioro por agentes naturales y humanos. En países con un alto patrimonio arquitectónico, como Italia, España y México, se han implementado diversas estrategias de restauración y reconstrucción estructural para preservar edificaciones de valor histórico. Según la (UNESCO, 2020), más del 60% de los edificios patrimoniales en zonas sísmicas presentan vulnerabilidad estructural, lo que pone en riesgo su integridad y la seguridad de las personas. Investigaciones recientes han demostrado que el uso de materiales modernos compatibles con las construcciones tradicionales, como fibras de carbono y refuerzos con morteros de cal, ha sido una alternativa eficaz en la rehabilitación de edificaciones antiguas (ICOMOS, 2019). Sin embargo, la falta de financiamiento y la escasez de profesionales especializados en restauración siguen siendo un obstáculo en muchos países en vías de desarrollo.

Las casonas antiguas representan un valioso patrimonio cultural y arquitectónico en muchas regiones del Perú, particularmente en la región de Apurímac. Sin embargo, el deterioro estructural de estas edificaciones, debido a factores como el paso del tiempo, sismos recurrentes y la falta de mantenimiento adecuado, pone en riesgo tanto su conservación como la seguridad de los habitantes y transeúntes (MINCUL, 2018).

En el distrito de Pichirhua, la casona de Auquibamba es un ejemplo de este problema. Esta edificación, construida con técnicas tradicionales y materiales locales como adobe y madera, muestra signos evidentes de degradación estructural. Grietas en muros portantes, debilitamiento de la cimentación y fallas en elementos estructurales clave comprometen su estabilidad y funcionalidad (INEI, 2020). La falta de un diagnóstico estructural detallado ha impedido la implementación de medidas de refuerzo adecuadas,

lo que agrava la vulnerabilidad de la casona ante eventos sísmicos, una amenaza constante en la región andina (CISMID, 2019).

La ausencia de estrategias de reconstrucción adecuadas en edificaciones patrimoniales ha sido una problemática recurrente en diversas ciudades del país. Estudios previos han demostrado que la aplicación de técnicas de consolidación y refuerzo estructural, como el uso de fibras naturales, mallas metálicas y refuerzos con concreto armado, pueden mejorar significativamente la resistencia de las construcciones de adobe y materiales tradicionales (Gutierrez & Espinoza , 2021). Sin embargo, la implementación de estas soluciones en la casona de Auquibamba requiere un análisis detallado de su estado actual, considerando aspectos estructurales, materiales y el impacto de los agentes ambientales.

Por lo tanto, surge la necesidad de evaluar estructuralmente la casona de Auquibamba y proponer un sistema de reconstrucción adecuado que permita garantizar su estabilidad y conservación. Esta investigación no solo contribuirá a la preservación del patrimonio arquitectónico de la zona, sino que también brindará pautas técnicas para la intervención de edificaciones similares en el distrito de Pichirhua y otras localidades con características constructivas semejantes.

## **Formulación del Problema de investigación**

### **Problema General**

- ¿Cuál es el estado estructural actual de la casona de Auquibamba en el distrito de Pichirhua, Apurímac, y qué tipo de reconstrucción estructural es el más adecuado para su conservación y estabilidad?

### **Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las principales deficiencias estructurales de la casona de Pichirhua y qué factores han contribuido a su deterioro?
- ¿Qué métodos de evaluación estructural pueden aplicarse para diagnosticar su estabilidad y resistencia?

- ¿Cuál es la técnica de reconstrucción estructural más adecuada para mejorar su estabilidad y conservación, considerando sus materiales y su valor patrimonial?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo General**

- Evaluar el estado estructural de la casona de Pichirhua y proponer un sistema de reconstrucción estructural adecuado para su conservación y estabilidad.

### **2.2.2. Objetivo Específicos**

- Diagnosticar las principales deficiencias estructurales de la casona de Auquibamba y los factores que han generado su deterioro.
- Aplicar métodos de evaluación estructural para determinar su estabilidad y resistencia.
- Diseñar una propuesta de reconstrucción estructural adecuada a sus características constructivas, que garantice su conservación y seguridad.

## **2.3. Justificación e importancia**

La conservación del patrimonio arquitectónico es un desafío constante en muchas regiones del Perú, especialmente en edificaciones antiguas construidas con materiales tradicionales como adobe y madera. La casona de Auquibamba, ubicada en el distrito de Pichirhua, Apurímac, presenta un avanzado estado de deterioro, lo que pone en riesgo su estabilidad estructural y su valor histórico. Actualmente, no se cuenta con estudios detallados que permitan conocer su estado real ni con propuestas concretas de intervención.

Esta investigación es fundamental porque permitirá diagnosticar con precisión las deficiencias estructurales de la casona, utilizando métodos técnicos adecuados de evaluación. A partir de estos resultados, se diseñará una propuesta de reconstrucción estructural que no solo garantice la estabilidad y seguridad de la edificación, sino que

también respete sus características originales. La aplicación de técnicas de refuerzo adecuadas contribuirá a prolongar la vida útil de la casona y a evitar su colapso frente a eventos sísmicos, una amenaza latente en la región andina.

Asimismo, este estudio servirá como referencia para futuras intervenciones en edificaciones patrimoniales con características similares, proporcionando pautas técnicas y metodológicas que puedan ser aplicadas en otros inmuebles históricos de la zona y del país.

### **Importancia científica**

Este estudio aportará conocimiento técnico sobre la evaluación y reconstrucción de edificaciones patrimoniales, aplicando metodologías de análisis estructural que pueden ser replicadas en investigaciones similares. Además, permitirá generar nuevas estrategias de intervención para mejorar la conservación del patrimonio edificado en zonas de alto riesgo sísmico.

### **Importancia social**

La conservación de la casona de Auquibamba beneficiará a la comunidad local, ya que este tipo de edificaciones forman parte de la identidad cultural del distrito de Pichirhua. Su restauración y reconstrucción no solo garantizarán la seguridad de los habitantes y transeúntes, sino que también contribuirán al fortalecimiento del turismo y la cultura en la región.

### **Importancia práctica**

Los resultados de esta investigación servirán como base para la implementación de soluciones efectivas en edificaciones patrimoniales con problemas estructurales. Asimismo, pueden ser utilizados por ingenieros, arquitectos y autoridades locales para desarrollar proyectos de restauración y conservación en Pichirhua y otras localidades con edificaciones similares.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

- La evaluación del estado estructural de la casona de Pichirhua si influye en la determinación del estado estructural crítico e irreversible, con colapso parcial y pérdida de capacidad resistente, por lo que su reforzamiento convencional no es viable, requiriéndose una reconstrucción integral con técnicas que aseguren su estabilidad y conservación.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- El diagnóstico estructural detallado permitirá identificar las principales deficiencias y factores de deterioro que afectan la estabilidad de la casona de Auquibamba.
- El uso de métodos de evaluación estructural adecuados permitirá determinar con precisión la capacidad resistente y el nivel de vulnerabilidad de la casona.
- Con la propuesta de diseño de reconstrucción estructural adecuado influye en las características constructivas, que es compatible con los materiales originales de la edificación contribuirá a mejorar su estabilidad y prolongar su vida útil.

## **2.5. Variables**

Variable 1: VI Estado estructural de la casona de Auquibamba.

Variable 2: VD Propuesta de reconstrucción estructural.

Tabla 1

*Operacionalización de Variables*

VARIABLE	DESCRIPCION DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Propuesta de reconstrucción estructural</b> (Variable dependiente)	Conjunto de técnicas y estrategias para mejorar la estabilidad y resistencia de la casona sin alterar su valor patrimonial.	Es el diseño de intervenciones estructurales aplicables a edificaciones patrimoniales, considerando técnicas compatibles con los materiales originales y normativas vigentes (Gutiérrez & Espinoza, 2021).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Métodos de reconstrucción</li> <li>• Compatibilidad estructural</li> <li>• Impacto en la estabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipos de refuerzo estructural</li> <li>• Materiales empleados</li> <li>• Efectividad del refuerzo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Modelado estructural</li> <li>-Simulación en software</li> <li>-Análisis de normativas</li> </ul>
<b>Estado estructural de la casona de Auquibamba</b> (Variable independiente)	Condición física y mecánica de los elementos estructurales de la casona, determinada mediante técnicas de evaluación estructural.	Se refiere a la evaluación de los elementos estructurales de la casona, considerando factores de deterioro, resistencia de materiales y estabilidad estructural (Chávez & Torres, 2020).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integridad estructural</li> <li>• Materialidad y desgaste</li> <li>• Capacidad resistente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de grietas y fisuras</li> <li>• Estado de los materiales</li> <li>• Capacidad de carga</li> <li>• Nivel de vulnerabilidad sísmica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ficha de inspección estructural</li> <li>-Ensayos de laboratorio</li> <li>-Software de análisis estructural</li> </ul>

*Nota.* Elaboración propia

### **III. Marco Teórico**

#### **3.1. Antecedentes**

##### **3.1.1. Antecedentes Internacionales**

- a) En la investigación desarrollada por Morocho Simbaña y Obelencio Marín (2024), se analiza el impacto del paso del tiempo y de los fenómenos naturales sobre las edificaciones históricas, resaltando la necesidad de conservarlas y reforzarlas adecuadamente. La metodología empleada comprendió la elaboración del levantamiento planimétrico de la vivienda mediante distintos métodos y equipos, para luego representarlo a través de programas de dibujo asistido por computadora. El estudio aborda diversas técnicas de refuerzo estructural, destacando especialmente la aplicación de mallas electrosoldadas como una alternativa efectiva para fortalecer los muros sin alterar el diseño arquitectónico original. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos del modelado estructural, los cuales demuestran una mejora significativa en el comportamiento sísmico de la edificación. El propósito principal del trabajo fue asegurar la preservación de las construcciones históricas a lo largo del tiempo. Los autores concluyen que la elección de la técnica de refuerzo se basó en los resultados de la inspección inicial, donde se identificó un deterioro considerable en los muros. Por esta razón, se optó por el uso de mallas electrosoldadas, una solución enfocada directamente en la problemática detectada y considerada, además, como un método menos invasivo para la estructura.
- b) En el informe publicado por Ruíz et al. (2017), titulado “Reforzamiento estructural de edificaciones patrimoniales en tierra de 1 y 2 pisos: aplicación de la normativa AIS-610-EP-2017”, se señala que los conquistadores españoles que arribaron a la región andina de América Latina utilizaron materiales como el adobe y la tapia apisonada en la construcción de edificaciones. Como consecuencia, cerca del 90 % de los inmuebles patrimoniales de Colombia

están edificados con tierra, concentrándose en zonas de amenaza sísmica media y alta. Debido a la vulnerabilidad sísmica de estas estructuras, en el año 2019 se incorporó a la normativa sismo-resistente nacional la AIS-610-EP-2017, la cual establece criterios específicos para el reforzamiento de edificaciones patrimoniales construidas con tierra. En aplicación de esta norma, se analizaron dos edificaciones del siglo XVI cuyos muros fueron reforzados con placas de acero y madera. Los resultados evidenciaron que, sin la implementación de refuerzos, únicamente el 24 % de los muros podía resistir tensiones inferiores a la capacidad de tracción del material; en cambio, tras aplicar las técnicas de reforzamiento, dicho porcentaje aumentó al 98 %. Asimismo, las tensiones registradas en los materiales de refuerzo tanto acero como madera permanecieron dentro de los límites establecidos por la normativa.

- c) En la investigación desarrollada por Escamiroso (2019), titulada “Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas”, se implementó un sistema de reforzamiento en los muros mediante aplanados de mortero combinados con malla electrosoldada. El objetivo principal fue preservar el patrimonio arquitectónico existente y, a la vez, brindar mayor seguridad estructural a las familias residentes, especialmente aquellas de escasos recursos. Las mediciones efectuadas in situ con acelerómetros, tanto antes como después del reforzamiento en una de las viviendas analizadas, evidenciaron una disminución en el valor máximo del periodo fundamental de vibración, lo que demuestra una mejora en la capacidad sismorresistente de la estructura. Asimismo, a través del método de elementos finitos se elaboró un modelo analítico tridimensional representativo, que permitió estudiar el comportamiento de la vivienda frente a cargas sísmicas. Los resultados obtenidos mostraron una concordancia con los análisis realizados en campo, indicando una reducción del 13 % en los valores de los periodos de vibración y

una disminución aproximada del 45 % en los desplazamientos laterales, confirmando así la efectividad del sistema de refuerzo aplicado.

- d)** En el artículo científico elaborado por Chacón et al. (2021), titulado “Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta”, se expone que en Ecuador existe una amplia cantidad de edificaciones patrimoniales construidas con materiales frágiles, como el adobe. Los sismos ocurridos en los últimos años han evidenciado el deficiente comportamiento estructural de este tipo de construcciones, principalmente debido a su elevada masa y a su limitada capacidad para resistir cargas sísmicas. El estudio analiza el edificio del antiguo Colegio Simón Bolívar y propone diversas técnicas de reforzamiento aplicadas al sistema de muros portantes de esta edificación patrimonial de adobe, la cual presenta irregularidades en planta y se encuentra situada en el centro histórico de la ciudad de Quito. Se parte del supuesto de que las fuerzas externas actúan en la dirección del plano más resistente de los muros, considerando además que las paredes de adobe poseen escasa capacidad para soportar cargas laterales fuera de dicho plano. A partir de estas condiciones, se desarrolló un análisis de sensibilidad en la discretización de elementos finitos mediante un programa comercial, con el fin de determinar valores empíricos que relacionan la proporción entre las dimensiones de los elementos y la longitud principal de los muros. En consecuencia, la propuesta de mallado busca establecer proporciones iniciales que permitan un primer análisis de calibración, controlando tanto los esfuerzos como los desplazamientos. El trabajo resalta la relevancia de calibrar adecuadamente el mallado de los elementos finitos en el análisis de estructuras bidimensionales, ya que de ello depende la obtención de resultados precisos y confiables.
- e)** En la tesis titulada “Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales”, Delgado (2019) desarrolló una investigación

orientada a aplicar diferentes técnicas de refuerzo con el objetivo de mejorar la estabilidad estructural de una edificación antigua. Para ello, se utilizó un método específico destinado a atender las fallas detectadas en los muros y en las estructuras de madera. El estudio, de tipo descriptivo, comprendió un diagnóstico exhaustivo de todos los elementos estructurales, con el propósito de identificar los materiales existentes y las patologías presentes, lo que permitió proponer un sistema de reforzamiento compatible con las características históricas del inmueble. Durante el proceso se elaboraron dos modelos de intervención: uno inicial y otro que incorporó diversas técnicas de refuerzo, entre las cuales destacan la colocación de una placa de concreto en el entrepiso, la restauración de la cubierta y la aplicación de mallas electrosoldadas en los muros. Los resultados obtenidos sustentaron la efectividad del sistema de reforzamiento propuesto, evidenciando un adecuado control de la torsión en planta y una mejora en el desempeño estructural general. Tras la revisión de las secciones internas de los muros y de los elementos de madera, se concluyó que las técnicas aplicadas, junto con el análisis sísmico realizado, lograron restablecer de manera eficiente la estabilidad y seguridad de la edificación patrimonial.

- f) En la tesis titulada "Reforzamiento por una cara de muros de mampostería de arcilla con unidades de perforación horizontal", Gamba (2019) llevó a cabo ensayos de compresión en muros de mampostería, con el propósito de evaluar su comportamiento estructural ante diferentes condiciones de refuerzo. Los resultados mostraron que los muretes construidos con unidades de arcilla perforada horizontalmente, sin reforzamiento, alcanzaron su carga última entre 4.5 y 5.0 veces su capacidad inicial. Al incorporar el refuerzo, el área efectiva de la capa de pañete aumentó en 1.65 veces respecto al valor original. Se observó que los muretes sin refuerzo también experimentaron un incremento en su resistencia; sin embargo, a diferencia de los reforzados con malla,

presentaron fisuras en las esquinas. Conforme la carga aplicada aumentaba, las grietas se propagaban, aunque la malla mantuvo su integridad estructural hasta la finalización de los ensayos. En los muros sin malla, la rigidez interna se conservó parcialmente gracias a los chazos de plástico utilizados como refuerzo, mientras que la cara expuesta sin malla evidenció pandeo y fisuración progresiva en los bloques con pañete, llegando incluso a fracturarse. A pesar de estas fallas, los muretes lograron soportar las cargas aplicadas. En contraste, aquellos reforzados con malla permanecieron prácticamente intactos hasta el término de las pruebas. Los ensayos de tensión diagonal demostraron, además, que la mampostería reforzada presentó una mayor capacidad de deformación, lo que contribuyó significativamente a evitar un colapso total de la estructura.

### **3.1.2. Antecedentes Nacionales**

- a) En la tesis elaborada por Córdor Reyes y Molina Gómez (2019), titulada “Reforzamiento estructural de muros de adobe y aplicación de geomalla biaxial en la edificación cultural Hotel Comercio ‘El Cordano’ – Patrimonio Cultural de Lima – Perú”, presentada en la Universidad San Martín de Porres, se planteó como objetivo determinar el tipo de reforzamiento estructural más adecuado mediante la utilización de geomalla biaxial, así como analizar su influencia en el comportamiento estructural de los muros de adobe. De acuerdo con las conclusiones del estudio, y tomando como referencia la norma E.080, la resistencia última a la tracción alcanzada fue de 0.81 kg/cm<sup>2</sup>. En la modelación estructural, los resultados indicaron una tracción de 0.81 kg/cm<sup>2</sup> en el eje X-X y de 0.76 kg/cm<sup>2</sup> en el eje Y-Y. Posteriormente, al incorporar la geomalla biaxial, los valores se redujeron a 0.15 kg/cm<sup>2</sup> en el eje X-X y 0.29 kg/cm<sup>2</sup> en el eje Y-Y, lo que evidenció una optimización del 81.48 % y 64.20 %, respectivamente, en comparación con los muros que no contaban con refuerzo.

- b) En la tesis desarrollada por Torrealva (2009), titulada “Sistemas de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco”, se plantea como objetivo principal identificar los sistemas de reforzamiento estructural aplicados en los monumentos históricos de dicha región. Para ello, se llevaron a cabo evaluaciones y registros estructurales siguiendo un método previamente propuesto, el cual permitió analizar las condiciones de las edificaciones. Este proceso se realizó una vez determinadas las propiedades físicas y mecánicas de los materiales empleados en el refuerzo, con el propósito de asegurar su eficacia y compatibilidad con las estructuras históricas intervenidas.

### **3.1.3. Antecedentes Locales**

- a) La investigación desarrollada por Castro y Ccalla (2022), titulada “Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba, distrito, provincia de Abancay, Apurímac – 2022”, tuvo como propósito evaluar las condiciones estructurales actuales de la casona de Patibamba y formular una propuesta de reforzamiento adecuada para su conservación. Los resultados del estudio determinaron que el terreno de cimentación corresponde a un material granular, clasificado según el sistema SUCS como grava arcillosa–limosa con arena (GC-GM). Asimismo, se identificó que los adobes extraídos de los muros presentan una composición bastante homogénea, con un contenido de finos que oscila entre 50 % y 60 %, a excepción de aquellos fabricados con materiales distintos o provenientes de otras zonas. En cuanto al contenido de paja, este varía entre 1.69 % y 5.41 % en peso, con un promedio de 2.93 %. El análisis comparativo del modelamiento estructural, con y sin el uso de malla de refuerzo, evidenció diferencias significativas en el comportamiento de la estructura del bloque principal de la casa hacienda. En caso de que el sistema de refuerzo con malla no resulte suficiente, se recomienda la implementación de tensores de

acero para aumentar la compresión y mejorar la estabilidad general, evitando al mismo tiempo un incremento excesivo de la masa en los muros.

- b) La investigación desarrollada por Espinoza (2019), titulada “Influencia de la adición de hidróxido de calcio en la resistencia a la compresión por unidad y en pilas de adobe, Abancay – 2019”, propone alternativas orientadas a mejorar la calidad, las propiedades físicas y la resistencia mecánica de los adobes mediante la incorporación de hidróxido de calcio en proporciones del 13 % y 17 %. El principal aporte del estudio radica en ofrecer una opción de adobe mejorado que garantice mayores niveles de seguridad estructural. Para comprobar la efectividad de esta adición, se realizaron ensayos físicos y mecánicos. En el primer grupo se evaluaron parámetros como el alabeo, la variación dimensional y la succión, mientras que en el segundo se aplicaron pruebas de esfuerzo bajo cargas axiales, tanto en unidades individuales como en pilas, además de ensayos de resistencia diagonal en muros de adobe. Los resultados obtenidos evidenciaron que el adobe modificado con 13 % de hidróxido de calcio presentó el mejor desempeño en comparación con el adobe tradicional, confirmando las hipótesis planteadas y demostrando una mejora significativa en las propiedades estructurales y de resistencia del material.

## **3.2. Bases teóricas**

### **3.2.1. Restauración**

La Carta de Venecia (1964) establece que la restauración es una operación que debe realizarse de manera excepcional, con el objetivo principal de conservar tanto la estética como la historia de los monumentos. Este documento enfatiza que cualquier intervención debe basarse en estudios arqueológicos e históricos, asegurando que las reconstrucciones respeten la esencia original de la estructura. Además, se menciona que

los trabajos complementarios deben ser tanto estéticos como técnicos, integrando la arquitectura antigua con las necesidades contemporáneas. La restauración no solo busca preservar la apariencia física del monumento, sino también su valor histórico y cultural, lo que implica un trabajo minucioso y respetuoso con los materiales y técnicas originales (ICOMOS, 1964).

Por otro lado, la Carta de Cracovia (2000) señala que la conservación del patrimonio implica diversas acciones, como el control ambiental, el mantenimiento, la reparación, la rehabilitación y la renovación. Estas intervenciones deben ser planificadas con responsabilidad, ya que implican decisiones que afectan la integridad del patrimonio cultural. Además, se destaca que algunas áreas pueden adquirir significado histórico con el paso del tiempo, incluso si inicialmente no lo tenían. Por ejemplo, un edificio que en su momento fue construido con fines utilitarios puede convertirse en un símbolo cultural con el paso de los años. Por lo tanto, es fundamental que las intervenciones consideren no solo el estado actual del patrimonio, sino también su potencial valor futuro (ICOMOS, 2000).

La Carta de Washington (1987) resalta la importancia de conservar los valores históricos de las áreas urbanas, tanto en sus aspectos materiales como espirituales. Este documento enumera cinco elementos clave para la conservación urbana:

- a) La forma urbana, definida por el parcelario y la trama.
- b) La relación entre espacios urbanos, edificaciones y áreas verdes.
- c) El aspecto de los edificios, tanto en interiores como exteriores, definido por su estructura, escala, color, decoración y materiales.
- d) La conexión entre la población y el entorno natural o creado por el hombre.
- e) Las funciones históricas adquiridas por el área urbana a lo largo del tiempo.

Estos elementos son fundamentales para entender cómo las áreas urbanas evolucionan y cómo pueden ser preservadas sin perder su identidad histórica (ICOMOS, 1987).

El Patrimonio Vernáculo Construido (1999) subraya que la conservación de este tipo de patrimonio debe ser gestionada por equipos multidisciplinarios, considerando los cambios inevitables y respetando la identidad cultural de las comunidades. Este enfoque asegura que las intervenciones no alteren significativamente la esencia del patrimonio. Además, se enfatiza que los cambios son inevitables, pero deben ser manejados de manera que no se pierda la conexión entre el patrimonio y la comunidad que lo valora. Por ejemplo, en muchas comunidades rurales, las técnicas de construcción tradicionales han sido transmitidas de generación en generación, y su preservación es esencial para mantener viva la identidad cultural (ICOMOS, 1999).

La Carta de Atenas (1931) fue uno de los primeros documentos internacionales en abordar la restauración de monumentos antiguos. Este texto, adoptado durante el primer congreso internacional de arquitectos, enfatiza la importancia de proteger los monumentos históricos y su entorno, considerándolos como documentos clave para la historia. Además, se menciona que los cuidados deben ser objetivos principales, especialmente en áreas cercanas a los monumentos. La Carta de Atenas también destaca la necesidad de realizar intervenciones que respeten la autenticidad de los monumentos, evitando reconstrucciones que alteren su carácter original (ICOMOS, 1931).

El Convenio de Granada (1985) y otros convenios europeos, como el de La Valetta (1992) y Florencia (2000), establecen normativas para la protección del patrimonio arquitectónico y arqueológico en Europa. Estos documentos son fundamentales para la conservación del patrimonio cultural a nivel continental, ya que proporcionan un marco legal para las intervenciones. El Convenio de Granada, en particular, se enfoca en la protección del patrimonio arquitectónico, mientras que el Convenio de La Valetta aborda específicamente el patrimonio arqueológico. Por su parte, el Convenio de Florencia se centra en la protección del paisaje cultural, reconociendo que el entorno natural también forma parte del patrimonio que debe ser preservado (Consejo de Europa, 1985).

La Carta de Ámsterdam (1975) promueve la restauración con intervenciones mínimas, evitando excesos y respetando la funcionalidad de los edificios históricos. Este documento también impulsó la creación de sistemas legislativos para la conservación del patrimonio arquitectónico, adaptando reglamentos y normativas para garantizar su protección. La Carta de Ámsterdam resalta la importancia de mantener la funcionalidad de los edificios históricos, ya que su uso continuo es una forma de garantizar su preservación a largo plazo. Además, se enfatiza que las intervenciones deben ser reversibles, permitiendo futuras restauraciones si es necesario (Consejo de Europa, 1975).

### **3.2.1.1. Consideraciones en las restauraciones**

En cualquier proceso de restauración estructural, es fundamental seguir ciertas recomendaciones:

- a) Realizar un estudio detallado para identificar los daños en la edificación y proponer un reforzamiento adecuado. Este estudio debe incluir un análisis histórico, arqueológico y estructural del edificio, para comprender su evolución y las causas de su deterioro.
- b) Los reforzamientos deben respetar los valores históricos y utilizar materiales que se integren visualmente con el entorno arquitectónico, manteniendo el mimetismo con la estructura original. Esto implica que los materiales modernos utilizados en las intervenciones deben ser compatibles con los materiales originales, tanto en términos de apariencia como de comportamiento estructural (ICOMOS, 1964).

### **3.2.1.2. Partes de una restauración**

La restauración se divide en tres conceptos principales:

- a. Integración: Introducción de elementos nuevos que mantengan las propiedades originales. Este método se utiliza cuando es necesario añadir elementos estructurales o decorativos que complementen la estructura existente sin alterar su carácter histórico.

b. Liberación: Respeto por la estratificación histórica de la edificación, considerando todos los elementos que reflejen su evolución. Este enfoque busca preservar las diferentes capas históricas de un edificio, reconociendo que cada una de ellas tiene un valor cultural y estético.

c. Consolidación: Operaciones que prolongan la vida útil de la estructura mediante la introducción de elementos nuevos. Este proceso es esencial para garantizar la estabilidad y seguridad de la edificación, especialmente en casos donde los materiales originales han sufrido un deterioro significativo (ICOMOS, 2000).

### **3.2.1.3. Normas Técnicas**

#### **a. Norma A 140**

Regula las obras en bienes culturales inmuebles, proporcionando parámetros para su evaluación y revisión. Esta norma establece los criterios técnicos que deben seguirse en las intervenciones de restauración, asegurando que se respeten los valores históricos y culturales del patrimonio.

#### **b. Norma E 0.10**

Establece requisitos mínimos para el diseño y análisis de estructuras de madera. Esta norma es especialmente relevante en edificaciones antiguas donde la madera es un material predominante.

#### **c. Norma E020**

Define los parámetros de carga para el diseño y evaluación estructural. Esta norma es fundamental para garantizar que las intervenciones no comprometan la estabilidad de la edificación.

#### **d. Norma E030**

Establece condiciones para el diseño sismo-resistente de edificaciones. Esta norma es esencial en regiones con alta actividad sísmica, donde las edificaciones antiguas deben ser reforzadas para resistir terremotos.

#### **e. Norma E080**

Regula el uso del adobe en construcciones, mejorando sus condiciones estructurales. Esta norma es particularmente importante en regiones donde el adobe es un material de construcción tradicional (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2009).

### **3.2.2. Materiales utilizados en edificaciones antiguas**

#### **3.2.2.1. Adobe**

El adobe es un material de construcción tradicional, fabricado a partir de tierra, agua y materiales orgánicos como paja. Su resistencia a la compresión varía entre 5 y 20 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que su resistencia a la tracción es de 0.25 a 1 kg/cm<sup>2</sup>. Este material ha sido utilizado durante aproximadamente 3000 años, y sus propiedades mecánicas dependen del tipo de suelo utilizado en su fabricación. El adobe es especialmente vulnerable a la humedad y a los cambios bruscos de temperatura, lo que puede afectar su durabilidad. Sin embargo, cuando se fabrica y utiliza correctamente, puede ser un material extremadamente resistente y duradero (Torres, 2009).

#### **3.2.2.2. Fabricación del adobe**

La fabricación del adobe comienza con la mezcla de tierra cernida y agua, formando una pasta homogénea. Luego, se agrega paja u otro material orgánico para mejorar la resistencia y reducir las contracciones. La mezcla se deja reposar durante un día antes de ser colocada en moldes de madera previamente humedecidos. Los adobes se comprimen manualmente y se dejan secar al sol durante aproximadamente 30 días, volteándolos periódicamente para asegurar un secado uniforme. Este proceso requiere un clima seco y soleado, ya que la

humedad puede afectar negativamente la calidad del adobe. Una vez secos, los adobes se almacenan en un lugar protegido hasta que sean utilizados en la construcción (Samanez, 1993).

### **3.2.2.3. Piedra**

La piedra es un material rígido utilizado en construcciones de mampostería. Su durabilidad y trabajabilidad la convierten en un elemento clave para estructuras monolíticas, ya sea en bloques individuales o labrados. Este material ha sido utilizado históricamente por su resistencia y capacidad para soportar cargas pesadas. La piedra es especialmente valorada en construcciones antiguas debido a su longevidad y resistencia a los elementos naturales. Además, su uso en mampostería permite crear estructuras estéticamente impresionantes, como arcos y bóvedas, que han sido utilizados en arquitecturas religiosas y monumentales (Bonett, 2003).

### **3.2.2.4. Cimentación**

La cimentación es la base de cualquier edificación, asegurando su estabilidad sobre el suelo. En construcciones antiguas, se utilizaban muros gruesos como soporte, lo que les permitía resistir cargas axiales. Estos muros también servían como elementos de contención, distribuyendo las cargas de manera uniforme. La cimentación en edificaciones antiguas suele ser más sencilla que en construcciones modernas, pero no por ello menos efectiva. En muchos casos, se utilizaban piedras grandes y pesadas como base, lo que proporcionaba una estabilidad adicional a la estructura (Meli, 1998).

### **3.2.2.5. Muros**

Los muros de mampostería en edificaciones antiguas suelen ser gruesos, con pocas aberturas y decoraciones arquitectónicas exquisitas. Estos muros tienen una alta capacidad para soportar cargas axiales, pero son menos resistentes a fuerzas laterales. Para contrarrestar esto, se utilizaban contrafuertes que ayudaban

a resistir empujes laterales. Los muros de mampostería son un elemento clave en la arquitectura antigua, ya que no solo proporcionan soporte estructural, sino que también tienen un valor estético y cultural. En muchas edificaciones antiguas, los muros están decorados con relieves, pinturas o inscripciones que reflejan la historia y la cultura de la época (García, 2007).

#### **3.2.2.6. Techos**

Los techos en edificaciones antiguas deben ser ligeros para distribuir uniformemente las cargas sobre los muros. Además, deben diseñarse para evitar empujes laterales y garantizar la estabilidad estructural. La Norma E-080 recomienda que los techos sean considerados como diafragmas rígidos, capaces de distribuir fuerzas horizontales durante eventos sísmicos. Los techos ligeros, como los de madera o teja, son ideales para este propósito, ya que no sobrecargan los muros y permiten una distribución uniforme de las cargas. Además, los techos deben diseñarse con una pendiente adecuada para evitar la acumulación de agua y garantizar un buen aislamiento térmico (Norma E-080, 2009).

#### **3.2.2.7. Mampostería**

La mampostería es un sistema constructivo que combina piedra y mortero. Sus propiedades mecánicas varían según el tipo de piedra y el mortero utilizado, por lo que es esencial realizar pruebas de laboratorio para determinar su resistencia. Este material ha sido utilizado históricamente en edificaciones religiosas y monumentales debido a su durabilidad. La mampostería permite crear estructuras sólidas y resistentes, como muros, arcos y bóvedas, que han sido utilizados en arquitecturas antiguas de todo el mundo. Además, la mampostería tiene un valor estético importante, ya que permite crear diseños decorativos y ornamentales que reflejan la cultura y la historia de la época (Chávez, 2010).

### **3.2.2.8. Madera**

La madera es un material renovable con excelentes propiedades estructurales. Su uso en construcciones antiguas se remonta a las primeras civilizaciones, donde se combinaba con otros materiales como piedra y adobe. Este material es vulnerable a ataques biológicos, como insectos y hongos, que pueden afectar su resistencia y durabilidad. Sin embargo, cuando se trata adecuadamente, la madera puede ser un material extremadamente resistente y duradero. En muchas edificaciones antiguas, la madera se utilizaba para techos, vigas y columnas, proporcionando un soporte estructural eficiente y estéticamente agradable (Enriquez, 2014).

### **3.2.2.9. Bóveda de lunetos**

Las bóvedas de lunetos son estructuras que resultan de la intersección de dos o más bóvedas de cañón. Estas bóvedas se encuentran comúnmente en las cubiertas de naves principales de edificaciones antiguas, proporcionando una solución estética y funcional para techos de gran envergadura. Las bóvedas de lunetos permiten crear espacios amplios y luminosos, lo que las convierte en un elemento clave en la arquitectura religiosa y monumental. Además, estas bóvedas tienen una gran resistencia estructural, lo que las hace ideales para soportar cargas pesadas (Guevara, 1993).

### **3.2.3. *Criterios para la evaluación y diagnóstico estructural***

Para intervenir una edificación antigua, se recomienda seguir un procedimiento que incluya el análisis de valores históricos, sistemas estructurales, patologías y causas de deterioro. Además, se deben proponer soluciones técnicas y económicas que minimicen el impacto en la estructura original. Este proceso implica una evaluación detallada de la edificación, considerando no solo su estado actual, sino también su historia y su valor cultural. Por ejemplo, es esencial identificar las técnicas de construcción originales y los materiales utilizados, ya que esto puede influir en las decisiones de restauración. Además,

es importante considerar el entorno en el que se encuentra la edificación, ya que factores como el clima, la actividad sísmica y el uso actual del edificio pueden afectar su estabilidad y durabilidad (ICOMOS, 2000).

### **3.2.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **a. Observación directa**

La observación directa permite al investigador obtener información confiable mediante procedimientos sistematizados y controlados. Esta técnica es esencial para evaluar el estado actual de una edificación, ya que permite identificar daños, deformaciones y otros signos de deterioro que pueden no ser evidentes en un análisis superficial. La observación directa también incluye la toma de fotografías, mediciones y notas detalladas que sirven como base para el análisis posterior (Fidias, 2006).

#### **b. Instrumentos**

Es esencial conocer y manipular correctamente las herramientas utilizadas en la evaluación estructural, ya que esto garantiza la precisión de los resultados. Los instrumentos deben ser seleccionados según las necesidades específicas del proyecto. Por ejemplo, en una evaluación estructural, se pueden utilizar herramientas como niveles láser, medidores de humedad y equipos de ultrasonido para detectar grietas y otros daños internos. Además, es importante que los profesionales involucrados en la evaluación tengan un conocimiento profundo de las técnicas de construcción antiguas, ya que esto puede influir en la interpretación de los datos recopilados (Supo, 2013).

#### **c. Confiabilidad**

La confiabilidad de un instrumento se refiere a su capacidad para producir mediciones consistentes a lo largo del tiempo. Esto es crucial para garantizar la validez de los datos recopilados. Por ejemplo, si se utiliza un medidor de humedad para evaluar el estado de una estructura de madera, es esencial que este instrumento proporcione resultados precisos y repetibles. La confiabilidad también implica que los datos recopilados

deben ser verificados por diferentes profesionales, para asegurar que no haya errores o sesgos en la evaluación (Fidias, 2006).

#### **d. Identificación de daños estructurales**

La evaluación estructural debe considerar globalmente el edificio, identificando los tipos de daños y su relación con las cargas soportadas. Esto incluye el análisis de grietas, deformaciones y otros signos de deterioro. Por ejemplo, en una edificación antigua, es común encontrar grietas en los muros debido a asentamientos diferenciales o a la acción de fuerzas laterales. Estas grietas pueden ser indicativas de problemas estructurales más graves, como la pérdida de estabilidad en los cimientos o la degradación de los materiales de construcción. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis detallado de los daños para determinar las causas subyacentes y proponer soluciones adecuadas (ICOMOS, 2000).

### **3.2.5. Fallas de construcción en los adobes**

#### **3.2.5.1. Muros de mampostería**

Las fallas en muros de mampostería pueden ser causadas por grietas horizontales, verticales o diagonales, generalmente asociadas a esfuerzos de compresión, tracción o cortante. Estas fallas son comunes en edificaciones antiguas y pueden agravarse durante eventos sísmicos. Por ejemplo, las grietas horizontales suelen ser causadas por esfuerzos de flexión, mientras que las grietas verticales pueden ser el resultado de asentamientos diferenciales en los cimientos. Además, las grietas diagonales son comunes en muros sometidos a fuerzas laterales, como las generadas por terremotos. Estas fallas no solo afectan la estabilidad de la estructura, sino que también pueden comprometer su seguridad a largo plazo (Torres, 2009).

#### **3.2.6. Fallas en la madera**

Las estructuras de madera son vulnerables a ataques biológicos, como insectos y hongos, que pueden causar deformaciones y grietas. Además, la humedad puede afectar significativamente la resistencia y estabilidad de la madera. Por ejemplo, la madera

húmeda tiende a deformarse y perder su resistencia, lo que puede comprometer la estabilidad de la estructura. Además, los ataques de insectos, como las termitas, pueden debilitar la madera, causando grietas y fracturas que afectan su capacidad para soportar cargas. Por lo tanto, es esencial realizar un mantenimiento regular de las estructuras de madera para prevenir estos problemas y garantizar su durabilidad (Enriquez, 2014).

### **3.2.7. Identificación de patologías**

La patología estructural se refiere a la identificación de fallas o comportamientos irregulares en una edificación. Para abordar estas patologías, es necesario determinar la causa, evaluar el daño y proponer un tratamiento adecuado. Por ejemplo, en una edificación antigua, es común encontrar grietas en los muros debido a asentamientos diferenciales o a la acción de fuerzas laterales. Estas grietas pueden ser indicativas de problemas estructurales más graves, como la pérdida de estabilidad en los cimientos o la degradación de los materiales de construcción. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis detallado de los daños para determinar las causas subyacentes y proponer soluciones adecuadas (Zani, 2008).

### **3.2.8. Procesos patológicos**

#### **3.2.8.1. Deformación y ruptura**

Las deformaciones y rupturas en muros pueden ser causadas por cargas excesivas, resistencia insuficiente de los materiales o asentamientos diferenciales. Estas patologías deben ser evaluadas cuidadosamente para evitar colapsos. Por ejemplo, los desplomes en los muros son causados por la pérdida de verticalidad, lo que genera tensiones de tracción en un lado de la pared y compresión en el otro. Estas tensiones pueden causar grietas horizontales que comprometen la estabilidad de la estructura. Además, las grietas y fisuras en los muros pueden ser causadas por deformaciones excesivas o por la falta de conexión entre los elementos estructurales. Estas patologías deben ser tratadas con prontitud para evitar daños mayores (Zani, 2008).

### **3.2.9. Método para el análisis estructural**

#### **3.2.9.1. Tipo de análisis**

**Análisis dinámico:** Evalúa el comportamiento de la estructura bajo cargas variables en el tiempo, como vibraciones o tráfico. Este tipo de análisis es esencial en edificaciones antiguas que están expuestas a cargas dinámicas, como las generadas por el tráfico vehicular o maquinaria industrial (Aguilar, 2012).

**Análisis lineal:** Considera que las deformaciones son proporcionales a las cargas aplicadas. Este método es útil para evaluar el comportamiento de estructuras bajo cargas estáticas, como el peso propio o las cargas vivas (Aguilar, 2012).

**Análisis no lineal:** Aborda situaciones donde las deformaciones no son proporcionales a las cargas, como en materiales frágiles o estructuras complejas. Este método es esencial para evaluar el comportamiento de estructuras bajo cargas extremas, como las generadas por terremotos (Torres, 2009).

#### **3.2.9.2. Método de análisis**

El método de elementos finitos es una técnica numérica que divide la estructura en pequeñas unidades interconectadas, permitiendo analizar tensiones y deformaciones de manera precisa. Este método es especialmente útil en estructuras complejas, donde los métodos tradicionales de análisis no son suficientes. Además, el método de elementos finitos permite simular el comportamiento de la estructura bajo diferentes condiciones de carga, lo que es esencial para garantizar su seguridad y estabilidad (Aguilar, 2012).

### **3.3. Definición de términos**

#### **3.3.1. Evaluación estructural**

Proceso que implica el análisis detallado de una estructura para identificar su estado actual, incluyendo la detección de patologías y la evaluación de su capacidad resistente. Según Aguilar et al. (2010), este proceso debe incluir inspecciones visuales,

ensayos no destructivos y análisis estructurales para garantizar la seguridad de la edificación.

### **3.3.2. Reforzamiento estructural**

Conjunto de técnicas destinadas a mejorar la resistencia y estabilidad de una estructura existente. Según Torrealva (2012), el reforzamiento debe ser compatible con los materiales originales y respetar la integridad de la edificación, especialmente en construcciones históricas.

### **3.3.3. Casona**

Edificación antigua de carácter residencial, generalmente construida con materiales tradicionales como adobe, mampostería y techos de madera. Según Vargas (2008), estas construcciones representan un valor histórico y cultural, y son parte del patrimonio arquitectónico de muchas regiones.

### **3.3.4. Patrimonio arquitectónico**

Conjunto de edificaciones y estructuras que poseen un valor histórico, cultural o artístico, y que deben ser conservadas para las generaciones futuras. Según la Carta de Cracovia, la conservación del patrimonio arquitectónico debe respetar su autenticidad y contexto original (ICOMOS, 2000).

### **3.3.5. Patologías estructurales**

Anomalías o daños que afectan la integridad de una estructura, como fisuras, deformaciones o colapsos. Según Aguilar et al. (2010), estas patologías pueden ser causadas por factores como sobrecargas, sismos o deterioro de materiales.

### **3.3.6. Adobe**

Material de construcción tradicional hecho de una mezcla de arcilla, arena y paja, secado al sol. Según la Norma E.080, el adobe es un material frágil que requiere técnicas específicas para su conservación y reforzamiento (MVCS, 2019).

### **3.3.7. Mampostería**

Técnica constructiva que utiliza piezas unidas con mortero, como ladrillos o piedras. Según la Norma E.070, la mampostería puede ser confinada o armada, dependiendo de su uso estructural (MVCS, 2018).

### **3.3.8. Materiales de construcción tradicionales**

Materiales como adobe, madera, piedra y teja, utilizados históricamente en construcciones antiguas. Según Vargas (2008), estos materiales requieren técnicas de conservación específicas para mantener su integridad.

### **3.3.9. Cimentación**

Parte de la estructura que transmite las cargas al suelo, garantizando la estabilidad de la edificación. Según la Norma E.050, la cimentación debe diseñarse considerando las características del suelo y las cargas de la estructura (MVCS, 2018).

### **3.3.10. Muros portantes**

Muros que soportan cargas verticales y laterales, como el peso de los techos y las fuerzas sísmicas. Según la Norma E.070, estos muros deben tener un espesor y resistencia adecuados para garantizar la estabilidad de la estructura (MVCS, 2018).

### **3.3.11. Techos de madera y teja**

Sistema de cubierta tradicional que utiliza vigas de madera y tejas de arcilla. Según Vargas (2008), estos techos son comunes en construcciones históricas y requieren mantenimiento constante para evitar filtraciones y deterioro.

### **3.3.12. Normas técnicas de conservación y restauración**

Conjunto de directrices que regulan las intervenciones en edificaciones históricas, garantizando su conservación y autenticidad. La Carta de Cracovia enfatiza la importancia de respetar los materiales y técnicas originales (ICOMOS, 2000).

### **3.3.13. Carta de Venecia**

Documento internacional que establece principios para la conservación y restauración del patrimonio arquitectónico, enfatizando la autenticidad y el respeto por el contexto histórico (ICOMOS, 1964).

### **3.3.14. Carta de Cracovia**

Declaración que promueve la integración de la conservación del patrimonio en el desarrollo urbano, respetando su valor cultural y social (ICOMOS, 2000).

### **3.3.15. Carta de Washington**

Documento que establece principios para la conservación de ciudades históricas, promoviendo su protección y desarrollo sostenible (ICOMOS, 1987).

### **3.3.16. Carta de Ámsterdam**

Declaración que enfatiza la importancia de la participación comunitaria en la conservación del patrimonio cultural (Consejo de Europa, 1975).

### **3.3.17. Norma E.080 (Adobe)**

Norma peruana que regula el diseño, construcción y reforzamiento de estructuras de adobe, garantizando su seguridad y durabilidad (MVCS, 2019).

### **3.3.18. Norma E.030 (Diseño sismo resistente)**

Norma peruana que establece los requisitos para el diseño de estructuras capaces de resistir fuerzas sísmicas, garantizando la seguridad de las edificaciones (MVCS, 2018).

### **3.3.19. SAP2000 (software de modelado estructural)**

Herramienta computacional utilizada para el análisis y diseño de estructuras, permitiendo simular el comportamiento de edificaciones bajo diversas cargas (CSI, 2020).

### **3.3.20. Geomalla (técnica de reforzamiento)**

Material sintético utilizado para reforzar estructuras de tierra, mejorando su resistencia y estabilidad. Según Torrealva (2012), esta técnica es compatible con materiales tradicionales como el adobe.

### **3.3.21. Compatibilidad de materiales**

Principio que garantiza que los materiales utilizados en intervenciones sean químicamente y físicamente compatibles con los originales, evitando daños a largo plazo (ICOMOS, 1964).

### **3.3.22. Criterios de diagnóstico estructural**

Conjunto de parámetros y metodologías utilizados para evaluar el estado de una estructura, identificando patologías y proponiendo soluciones adecuadas (Aguilar et al., 2010).

### **3.3.23. Proceso patológico en edificaciones antiguas**

Secuencia de eventos que conducen al deterioro de una estructura, como fisuras, humedades o colapsos, causados por factores ambientales, sísmicos o humanos (Aguilar et al., 2010).

### **3.3.24. Métodos de análisis estructural**

Técnicas utilizadas para evaluar el comportamiento de una estructura bajo diversas cargas, incluyendo análisis estáticos, dinámicos y no lineales (CSI, 2020).

### **3.3.25. Fallas estructurales en adobe y mampostería**

Problemas comunes como fisuras, desprendimientos o colapsos, causados por la baja resistencia a tracción y la vulnerabilidad sísmica de estos materiales (Aguilar et al., 2010).

### **3.3.26. Intervención estructural**

Acciones técnicas destinadas a mejorar o reparar una estructura, garantizando su seguridad y funcionalidad sin alterar su valor histórico (ICOMOS, 1964).

### **3.3.27. Deformación y colapso de estructuras**

Fenómenos que ocurren cuando una estructura pierde su capacidad resistente, causando desplazamientos o fallas totales. Estos problemas son comunes en construcciones antiguas de adobe y mampostería (Aguilar et al., 2010).

**3.3.28. Resistencia mecánica de materiales**

Capacidad de un material para soportar fuerzas externas sin sufrir deformaciones o fallas. En el caso del adobe, esta resistencia es limitada y requiere técnicas de reforzamiento (MVCS, 2019).

**3.3.29. Sismo-resistencia en construcciones de adobe**

Capacidad de las estructuras de adobe para resistir fuerzas sísmicas sin sufrir daños significativos. Según la Norma E.080, esto se logra mediante técnicas de reforzamiento y diseño adecuado (MVCS, 2019).

**3.3.30. Conservación del patrimonio histórico**

Conjunto de acciones destinadas a proteger y mantener edificaciones históricas, respetando su autenticidad y valor cultural (ICOMOS, 1964).

## **IV. Metodología**

### **4.1. Tipo y nivel de Investigación**

#### **Tipo de investigación**

De acuerdo con la teoría expuesta por Carrasco Díaz (2006), la presente investigación se clasifica como de tipo aplicada, ya que persigue fines prácticos orientados a intervenir, transformar y generar cambios en una realidad o sector específico. Este enfoque resulta pertinente para el estudio, puesto que a lo largo del desarrollo se analizarán y cuantificarán las variaciones en los diseños, así como las mejoras en las características de las variables, con el propósito de verificar los objetivos planteados y validar las hipótesis formuladas. En última instancia, la investigación busca transformar o modificar las propiedades del concreto poroso, contribuyendo a su optimización y desempeño estructural.

#### **Nivel de investigación**

Según la teoría propuesta por Hernández, Fernández y Baptista (2006), la presente investigación se clasifica como de nivel descriptivo–explicativo, ya que su propósito fundamental es describir las características de las variables involucradas y, posteriormente, explicar las relaciones y causas que las vinculan dentro del fenómeno de estudio.

#### **Diseño de la investigación**

De acuerdo con lo planteado por Borja S. (2016), el presente estudio corresponde a un diseño no experimental, dado que no implica la manipulación de variables en un entorno de laboratorio. En su lugar, se llevará a cabo una descripción y evaluación de las variables en función de lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

#### **Método**

El método empleado en la presente investigación, conforme a lo expuesto por Borja S. (2016), es de tipo descriptivo, ya que la verificación de la hipótesis se realizará a través de la caracterización detallada de las variables involucradas en el estudio.

#### **Enfoque de la Investigación**

De acuerdo con lo señalado por Borja S. (2016), la investigación adopta un enfoque mixto, cuantitativo–cualitativo, ya que combina el análisis numérico y la interpretación descriptiva. En este sentido, se efectuarán mediciones cuantitativas para determinar con precisión los patrones de comportamiento del concreto permeable ante la incorporación de micro sílice, complementadas con una interpretación cualitativa que permita comprender los resultados obtenidos.

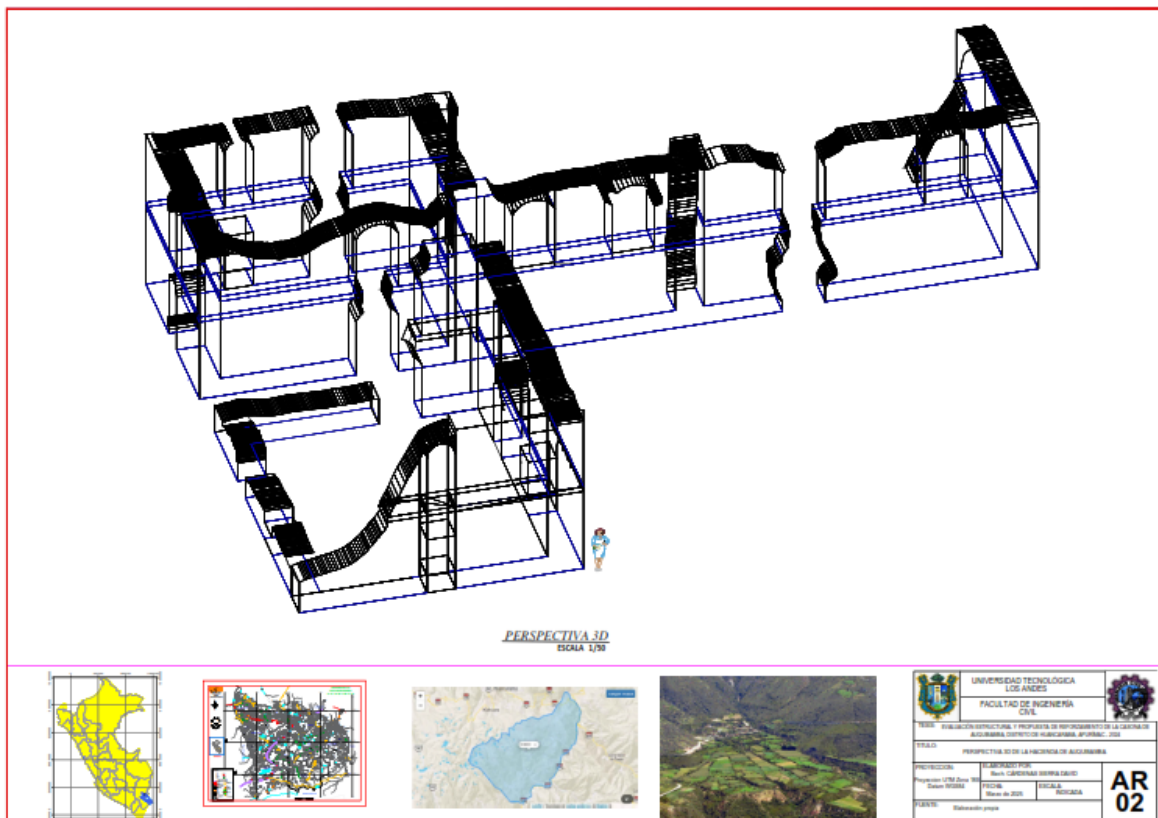
## **4.2. Ámbito temporal y espacial**

### **Ámbito temporal**

La presente investigación se desarrolló entre los años 2024 y 2025, específicamente durante el periodo comprendido entre octubre y enero, tiempo en el cual se realizaron la recolección de datos, el análisis estructural y la formulación de la propuesta de reconstrucción. Este intervalo temporal permite situar el estudio dentro del contexto de las investigaciones más recientes relacionadas con edificaciones patrimoniales, así como en concordancia con las normativas actuales sobre conservación y reconstrucción estructural.

### **Ámbito espacial**

El ámbito espacial de la investigación se delimita a la casona de Auquibamba, situada en el distrito de Pichirhua, región Apurímac, Perú. Este lugar fue seleccionado por su relevancia patrimonial y por la necesidad de analizar su condición estructural, con el fin de proponer acciones que aseguren su preservación y funcionalidad a largo plazo.

**Figura 1***Delimitación del área de investigación*

Nota. Elaboración Propia

### 4.3. Población y Muestra

- Población: Edificación de la casona de Auquibamba en el distrito de Pichirhua.
- Muestra: Evaluación estructural de la totalidad de la casona.

La selección de los componentes no se realizó de manera aleatoria, sino que respondió a criterios vinculados con las características específicas del estudio y con los objetivos planteados por el investigador. En consecuencia, la investigación empleó un muestreo no probabilístico, determinado por conveniencia, de acuerdo con las necesidades y fines del trabajo desarrollado.

### 4.4. Instrumentos

Existen diversas técnicas para la recolección de información, las cuales no son excluyentes entre sí, sino más bien complementarias. Según Borja S. (2016), entre las

principales se encuentran la observación, la entrevista, la encuesta y las pruebas estandarizadas.

En el presente estudio, se empleó la técnica de observación, que consistió en analizar los resultados obtenidos a partir de la simulación estructural, tomando como referencia las condiciones reales y actuales del objeto de estudio. Dichos datos fueron procesados con el fin de obtener los resultados que sustentan la investigación.

Los instrumentos utilizados incluyeron una cámara fotográfica, software de análisis estructural, equipos de laboratorio como el equipo de compresión y tamices para ensayos de granulometría, muestras de adobe, así como el análisis normativo correspondiente.

#### **4.5. Procedimientos**

El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo mediante una serie de etapas metodológicas destinadas a evaluar el estado estructural de la casona de Auquibamba y proponer una solución de reconstrucción adecuada. En primer lugar, se realizó una recopilación de información documental y de campo, que incluyó antecedentes históricos, características arquitectónicas y estructurales, así como registros de intervenciones previas. Esta fase permitió contextualizar el estudio y comprender la evolución de la edificación a lo largo del tiempo.

Posteriormente, se llevó a cabo un levantamiento topográfico detallado con el propósito de obtener la geometría precisa de la casona. Este análisis permitió identificar posibles asentamientos diferenciales y deformaciones que pudieran afectar la estabilidad estructural del inmueble.

Para comprender el comportamiento del material constructivo, se realizó un análisis de los elementos de adobe, mediante la extracción y caracterización de muestras representativas. Este estudio permitió evaluar la resistencia mecánica del material y su capacidad estructural frente a cargas sísmicas y ambientales, aspectos fundamentales para el planteamiento de estrategias de reconstrucción.

Con la información obtenida, se procedió a modelar la estructura en el software SAP2000 v.23, con el objetivo de simular su comportamiento ante diferentes condiciones de carga. Esta etapa fue crucial para identificar puntos críticos en la edificación y evaluar las zonas de mayor vulnerabilidad estructural.

Los resultados obtenidos en el análisis estructural fueron comparados con normativas vigentes y antecedentes de investigaciones previas en estructuras de adobe. Se evidenció que los datos presentaron una variación mínima entre réplicas, reflejando un comportamiento estructural en cada evaluación realizada. Debido a esta correlación, la aplicación de pruebas estadísticas formales no aportó un valor significativo en esta etapa del estudio.

A partir de los análisis realizados, se determinó si es posible la reconstrucción estructural compatible con la materialidad y el valor patrimonial de la casona.

Finalmente, se establecieron conclusiones sobre el estado estructural actual de la casona y la viabilidad de la reconstrucción. Asimismo, se plantearon recomendaciones para futuras investigaciones, destacando la importancia del conocimiento generado sobre el comportamiento estructural del adobe como base para intervenciones en edificaciones similares.

#### **4.6. Análisis de datos**

Levin y Rubín (2016) indican que el análisis de datos consiste en el uso de herramientas estadísticas que permiten interpretar y realizar inferencias sobre una muestra o población. En esta investigación, se emplearon tablas y gráficos elaborados en Excel con el propósito de visualizar de manera clara los resultados obtenidos y su relación con los objetivos establecidos.

#### **4.7. Consideraciones Éticas**

- **Validez científica:** Se aplicó una metodología rigurosa basada en investigaciones previas, garantizando la precisión y fiabilidad de los resultados.

- **Evaluación riesgo/beneficio:** La investigación presentó riesgos mínimos, mientras que sus beneficios son potencialmente significativos para la conservación del patrimonio arquitectónico.
- **Respeto a los derechos de autor:** Se respetaron las normas de citación y referencias bibliográficas, asegurando la correcta atribución de información y evitando el plagio.
- **Confidencialidad e integridad de datos:** La información recopilada fue utilizada exclusivamente con fines académicos, garantizando su manejo ético y transparente.
- **Transparencia y honestidad académica:** Se evitó cualquier sesgo o manipulación de datos, asegurando la objetividad en el análisis y la presentación de resultados

## V. Resultados y discusión

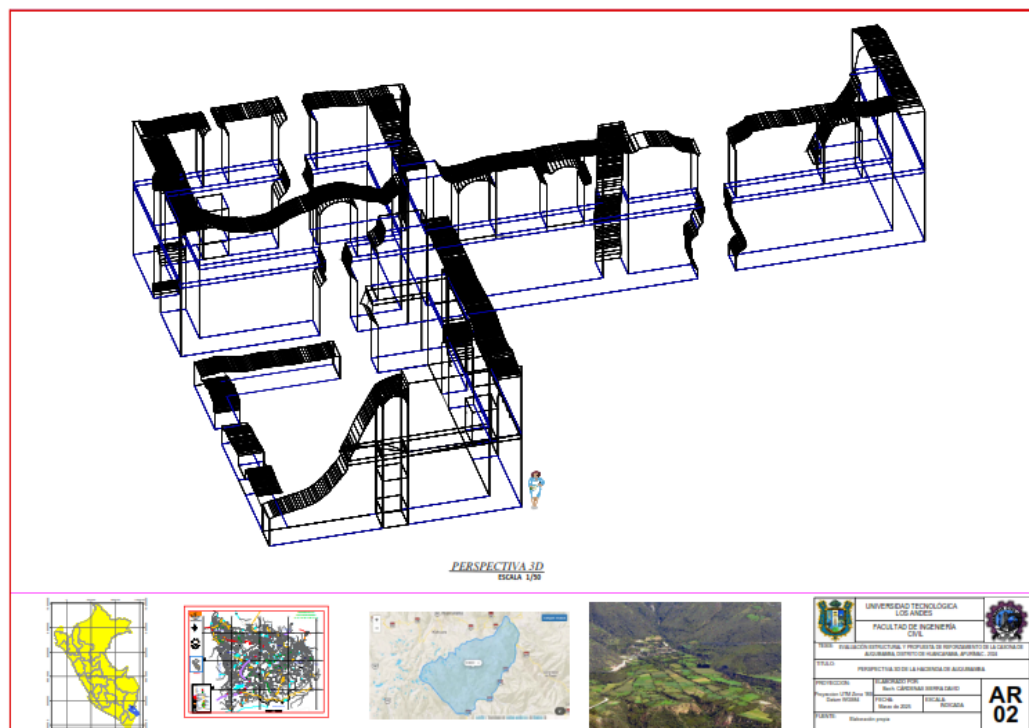
### 5.1. Análisis de Datos y Resultados Procesados

#### 5.1.1. Estado actual de la casona

La casona de Auquibamba se encuentra situada en el centro poblado de Auquibamba, perteneciente al distrito de Pichirhua, provincia de Andahuaylas, en el departamento de Apurímac. Esta edificación, construida en el siglo XVII, destaca por su arquitectura colonial, caracterizada por la presencia de muros de adobe que reflejan el estilo constructivo tradicional de la época.

#### Figura 2

##### *Ubicación de la Casona Auquibamba*



*Nota.* Elaboración propia.

De los daños, fisuras, asentamientos y otras patologías presentes en la edificación, se evidencian los siguientes:

**Figura 3***Fallas en la estructura*

*Nota.* Fotografía panorámica.

Se aprecia la fachada principal de la casona de Auquibamba, con muros de adobe con notable desgaste y fatiga, estos al estar expuestos a la intemperie sin una cobertura que proteja, razón de ello se vienen debilitando a través del tiempo presentando daños, fisuras.

**Figura 4***Fisuras y colapso en la edificación*

*Nota.* Fotografía propia.

Se aprecia que existen muros colapsados y algún en colapso, por la intemperie el cual representa un riesgo inminente de la estructura existente.

### ***Figura 5***

#### *Fisuras en Casona*



*Nota.* Fotografía propia.

En la imagen anterior se ve las fisuras verticales e horizontales en los muros entre 2 cm, 7.5 cm y fracturas de 15 cm a 20 cm, los cuales dicha separación refleja el colapso inminente de la edificación.

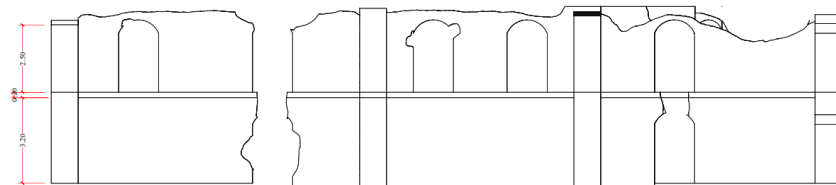
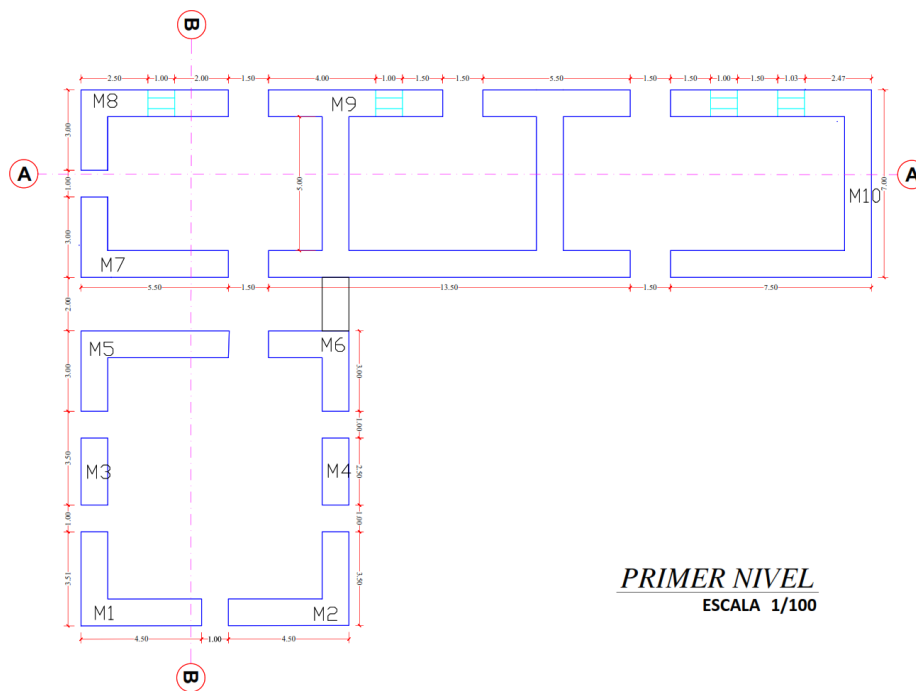
**Figura 6****Colapso de Muros de Casona**

*Nota.* Fotografía propia.

Se aprecia que los Muros presentan indicios de colapso donde se evidencia que los Muros M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M10 (Según planos anexados) presentan un colapso del 48% como mínimo.

Asimismo, se evidencia que a un inicio la edificación era de 02 niveles donde los listones y tablones a través del tiempo se fueron descomponiendo por ser de madera, al igual que la cobertura donde solo resta los orificios y huella, donde los dinteles de madera aún están en descomposición, pero su estado ya es crítico no pudiéndose recuperar.

Se realizó el levantamiento topográfico, para conocer las características geométricas de la casona de auquibamba, teniendo como resultado lo siguiente:

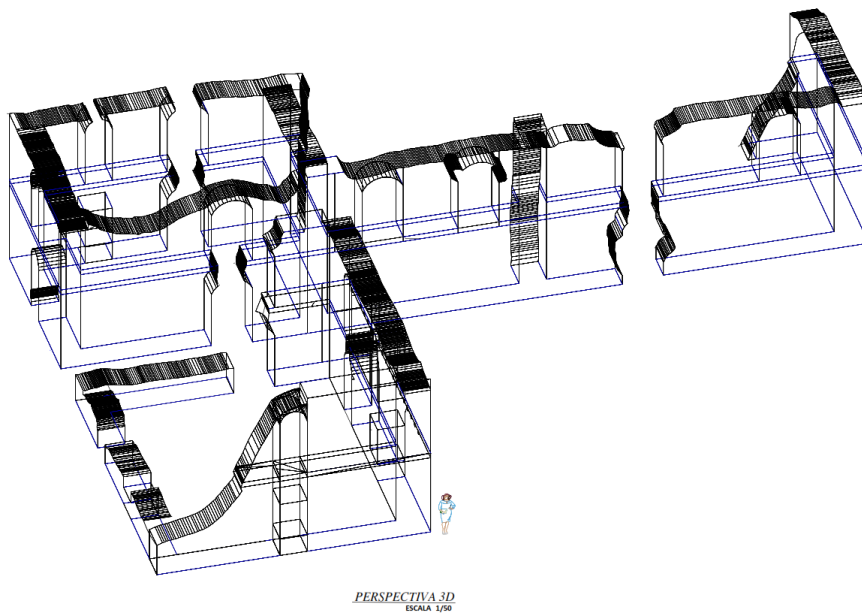
**Figura 7****Plano de Casona****CORTE A-A**  
ESCALA 1/100

*Nota.* Elaboración propia.

Entonces, se aprecia las alturas de los muros que varía de 3.20 m y 2.70 del primer y segundo nivel respectivamente. Asimismo, espesor de muros 1.00 metros, mayor detalle se aprecia en los planos anexados a la presente investigación.

## Figura 8

### Vista 3d de la casona situación actual



*Nota.* Elaboración propia.

Entonces, se aprecia la situación actual de la casona de Auquibamba representada en un modelo 3d, donde se parecía que a nivel general total de muros, donde se aprecia también tomando en cuenta sus volúmenes el 48% colapso en los muros.

#### 5.1.2. Análisis de materiales

En la siguiente tabla se muestra los resultados de las pruebas donde se obtuvo las siguientes propiedades: Se recolectaron muestras de adobe, las cuales fueron analizadas en laboratorio de la Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA). Los ensayos realizados determinaron un peso específico de 1835 kg/cm<sup>2</sup> y un contenido de humedad del 4.0 %. Adicionalmente, se fabricaron adobes utilizando materiales de la zona, obteniendo una resistencia a la compresión de 12.90 kg/cm<sup>2</sup>. Para efectos de cálculo, se considerará un valor promedio de 12.50 kg/cm<sup>2</sup>. Dado que los resultados obtenidos presentan similitudes, se concluye que el material utilizado es compatible con el de la Casona de Auquibamba. A continuación, se presentan en la tabla los resultados de las pruebas realizadas y las propiedades obtenidas.

**Tabla 2***Propiedades del Material*

Descripción	Propiedades
Peso específico del Adobe	1835 kgf/m <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad	2E+8 kgf/m <sup>2</sup>
Poisson, $\nu$	0.2
Coefficiente de expansión térmica	1.5E-061/°C
Resistencia de unidad de Adobe	12.50 kgf/cm <sup>2</sup>

*Nota.* Elaboración propia.

**5.1.3. Análisis Estructural de la Casona Auquibamba**

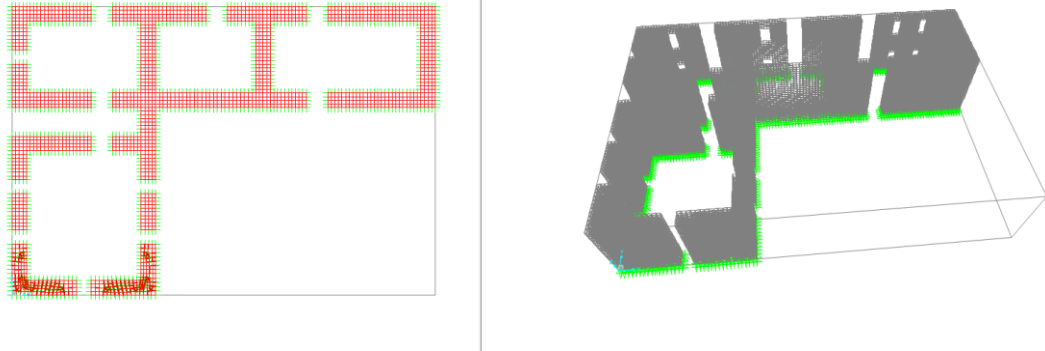
Las masas de los muros son asignadas de manera distribuida en todo su espesor, se consideraron como sólidos, el modelo realizado fue tomando en cuenta las características reales de la casona resultando lo siguiente:

**Figura 9***Configuración de propiedades del adobe en Sap 2000*

*Nota.* Elaboración propia.

**Figura 10**

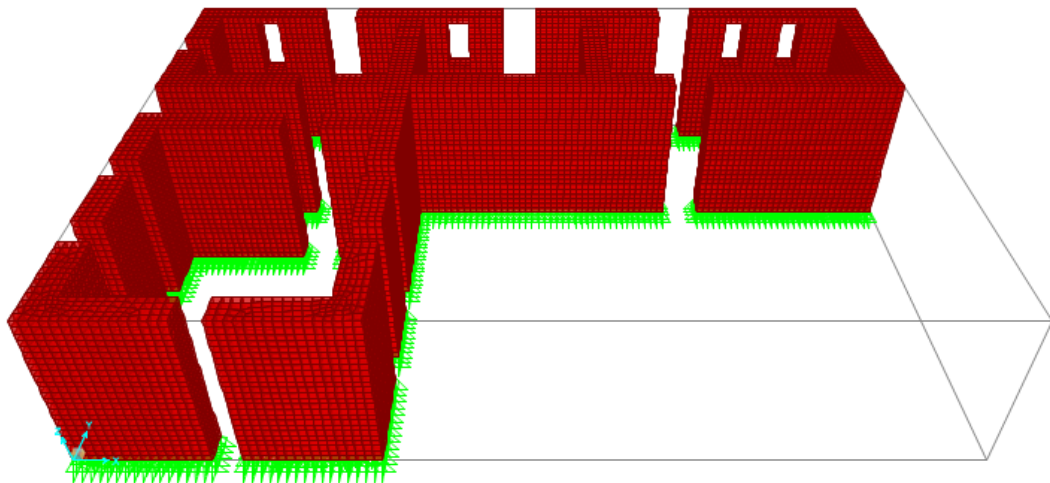
Modelamiento en Sap2000 V.23



Nota. *Elaboración propia, modelo de bloques de adobe con elementos finitos.*

**Figura 11**

Vista 3d en Sap2000 del modelamiento



Nota. *Elaboración propia, modelo de bloques de adobe con elementos finitos.*

**Tabla 3***Periodos de Vibración*

Modo	Modelo del bloque Casona de Auquibamba		
	T	% de masa efectiva	
		X	Y
1	0.237	1.54%	3.57E-19
2	0.237	1.53%	2.02E-15
3	0.162	1.10E-05	2.29%
4	0.148	0.09%	4.05%
5	0.145	0.02%	3.08%
6	0.141	5.90E-05	2.04%
7	0.141	2.10E-05	5.69%
8	0.120	1.60E-06	3.37%
9	0.120	1.61E-06	3.37%
10	0.106	3.14%	0.18%
11	0.103	7.89E-17	1.54%
12	0.103	2.62E-16	1.54%
13	0.102	4.90E-05	1.30%
14	0.096	2.94%	0.31%
15	0.096	2.94%	0.31%
16	0.091	2.27%	2.01E-06
17	0.088	0.97%	0.64%
18	0.088	2.54%	0.25%
19	0.085	7.02%	0.04%
20	0.079	0.08%	2.21%
21	0.076	12.20%	0.06%
22	0.075	1.07%	0.93%
23	0.072	0.28%	11.07%
24	0.070	1.48%	2.08%
25	0.068	0.57%	5.29%
26	0.063	4.10%	6.77E-09
27	0.060	3.24%	0.28%
28	0.060	2.40%	0.38%
29	0.058	1.46%	0.71%
30	0.058	1.46%	0.71%
31	0.057	0.72%	1.75%
32	0.056	0.02%	3.42%
33	0.056	3.03E-13	2.05E-14
34	0.056	5.62E-13	5.53E-16
35	0.053	2.04%	0.34%
36	0.053	0.11%	0.02%
37	0.052	4.81%	2.32%
38	0.050	1.34%	2.74%
39	0.046	1.30%	0.12%

40	0.044	0.09%	0.02%
41	0.044	0.09%	0.02%
42	0.043	0.31%	0.05%
43	0.043	0.31%	0.05%
44	0.043	1.00%	1.98%
45	0.042	0.61%	2.47E-14
46	0.042	0.39%	8.66E-14
47	0.042	0.01%	0.42%
48	0.041	0.86%	0.23%

Nota. *Elaboración propia*

Realizando el análisis y comparación de los periodos de vibración de la estructura, se aprecia que el modo de vibración del modelamiento del bloque tiene masa efectiva de 12.20% de la masa total de la estructura, por lo que resalta. Asimismo, se obtiene traslaciones en dirección (Y-Y) en los muros mas cortos.

De los esfuerzos de compresión en los muros de adobe , se realiza la verificación donde obtenemos lo siguiente:

#### **Tabla 4**

##### *Verificación de esfuerzos Casona Auquibamba*

<b>Muro</b>	<b>P (ton/m)</b>	<b>a (m)</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
M1	80.28	7.00	1.15
M2	80.28	7.00	1.15
M3	28.67	2.50	1.15
M4	28.67	2.50	1.15
M5	86.02	7.50	1.15
M6	59.30	5.00	1.19
M7	86.02	7.50	1.15
M8	78.68	7.50	1.05
M9	401.46	35.50	1.13
M10	215.64	20.00	1.08

Nota. *Elaboración propia*

El mayor esfuerzo de compresión se encuentra en el muro 6 (M6) con 1.19 kg/cm<sup>2</sup>.

Seguidamente se realizó la verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe para un sismo de 0.25g en dirección X-X, del cual se obtuvo el siguiente resultado:

**Tabla 5**

*Esfuerzos sismo de 0.25g en dirección X-X*

Descripción	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m) )	h (m)	e (m)	Condición e=h/6	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Muros en direccion X-X	M1	80.282	19.720	1.000	0.246	0.167	1.360	-3.266
	M2	80.281	19.719	1.000	0.246	0.167	3.320	-2.770
	M3	28.672	7.043	1.000	0.246	0.167	7.200	-7.050
	M4	28.672	7.043	1.000	0.246	0.167	7.150	-7.260
	M5	86.016	21.128	1.000	0.246	0.167	1.970	-1.290
	M6	59.299	14.566	1.000	0.246	0.167	3.110	-2.090
	M7	86.016	21.128	1.000	0.246	0.167	1.920	-1.080
	M8	78.676	19.325	1.000	0.246	0.167	3.060	-3.305
	M9	401.46 2	98.611	1.000	0.246	0.167	2.890	-1.950
	M10	215.64 4	52.968	1.000	0.246	0.167	2.530	-1.590

Nota. *Elaboración propia*

También el resultado de la Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en la casona para un sismo de 0.25g en dirección Y-Y es:

Descripción	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m) )	h (m)	e (m)	Condición n e=h/6	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
Muros en direccion Y-Y	M1	80.282	19.720	1.000	0.246	0.167	3.759	-3.607
	M2	80.281	19.719	1.000	0.246	0.167	3.235	-3.500
	M3	28.672	7.043	1.000	0.246	0.167	2.814	-3.197
	M4	28.672	7.043	1.000	0.246	0.167	2.798	-3.217
	M5	86.016	21.128	1.000	0.246	0.167	4.467	-3.547
	M6	59.299	14.566	1.000	0.246	0.167	1.194	-3.153
	M7	86.016	21.128	1.000	0.246	0.167	4.317	-1.723
	M8	78.676	19.325	1.000	0.246	0.167	4.467	-3.495
	M9	401.46 2	98.611	1.000	0.246	0.167	1.603	-1.713
	M10	215.64 4	52.968	1.000	0.246	0.167	3.973	-4.405

Nota. *Elaboración propia*

#### **5.1.4. Propuesta de reconstrucción**

Tras el análisis estructural realizado a la casona de Auquibamba en los ítems anteriores, se determinó que la edificación se encuentra en estado de colapso, lo que imposibilita la aplicación de un reforzamiento efectivo. Debido a la severidad de los daños y la pérdida significativa de capacidad estructural en los muros de adobe, la única alternativa viable es la reconstrucción de la estructura, asegurando que cumpla con los estándares establecidos en la Norma Técnica E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

La reconstrucción deberá respetar las características arquitectónicas originales de la casona, pero incorporando mejoras en la calidad de los materiales y en la técnica constructiva para garantizar su estabilidad y seguridad. Según la Norma E.080, algunos de los parámetros clave que deben considerarse en la construcción con adobe reforzado incluyen:

**Resistencia mínima a compresión del adobe:** Según la normativa, los adobes deben tener una resistencia mínima de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> cuando son sometidos a compresión simple. Se recomienda el uso de adobes estabilizados para mejorar la durabilidad del material.

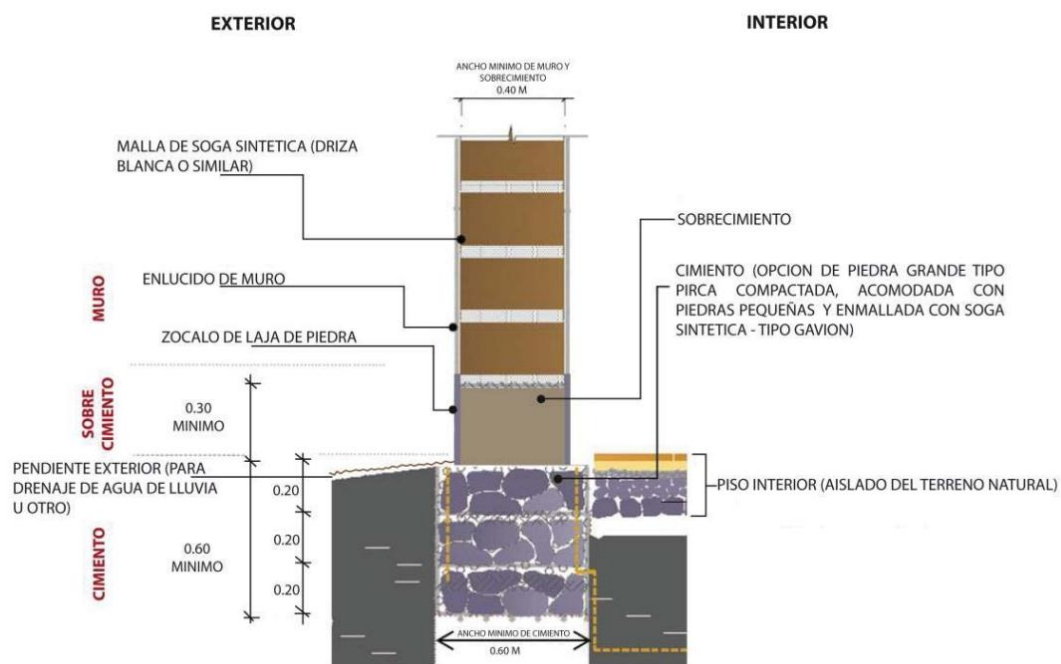
**Dimensiones del adobe:** Los adobes deberán cumplir con medidas uniformes, siendo las más recomendadas para el bloque de adobe rectangular un largo igual a dos veces su ancho, bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. y 10 cm de espesor, con una tolerancia del  $\pm 5\%$ .

**Reforzamiento horizontal y vertical:** Se debe incorporar refuerzos de malla electrosoldada, cañas o geomallas en los muros para mejorar la resistencia ante cargas laterales y prevenir el colapso ante sismos.

**Cimentación:** La cimentación debe ser de material resistente, como piedra y mortero de cemento, con una profundidad mínima de 50 cm, asegurando una base estable y resistente a asentamientos diferenciales.

**Figura 12**

*Cimentación Propuesta Normativa E.080 del RNE.*



Nota. Fuente: RNE Normativa E.080 pag. 13.

Elementos de confinamiento: Se recomienda el uso de vigas collar de concreto armado o madera en la parte superior de los muros, lo que permite distribuir cargas y mejorar la rigidez estructural.

Uniones y refuerzos en esquinas: Las esquinas deben reforzarse con columnas de concreto armado o de tapial confinado, evitando así la vulnerabilidad ante esfuerzos sísmicos.

Altura máxima de los muros: La norma establece que la relación entre la altura y el espesor del muro no debe exceder 10 veces el espesor del muro, para evitar inestabilidad estructural.

Entonces, debido al estado crítico de la casona de Auquibamba, se recomienda la demolición controlada y posterior reconstrucción siguiendo la normativa vigente. Esto garantizará una estructura segura y duradera, conservando su valor patrimonial y adaptándola a los requisitos modernos de seguridad sísmica.

## 5.2. Discusión de resultados

El análisis realizado en la Casona de Auquibamba pone de manifiesto una serie de problemas estructurales que son comunes en edificaciones patrimoniales construidas con materiales como el adobe, especialmente en áreas sísmicamente activas. La información obtenida en esta investigación se compara con los antecedentes de otras investigaciones, como las de Ruíz et al. (2017), Condor Reyes & Molina Gómez (2019) y Castro & Ccalla (2022), que ofrecen perspectivas valiosas sobre los métodos de refuerzo y las características estructurales de edificaciones patrimoniales similares.

La evaluación estructural de la Casona de Auquibamba revela que la estructura ha sufrido un colapso parcial, lo que es coherente con las observaciones de Ruíz et al. (2017), quienes destacan la vulnerabilidad de las edificaciones de tierra ante sismos. En particular, el estudio realizado en Colombia refleja que el 90% de los edificios patrimoniales están hechos de tierra, siendo altamente vulnerables a los efectos sísmicos, especialmente en regiones de alta amenaza sísmica, como la que corresponde a la zona de los Andes. En este sentido, la Casona de Auquibamba presenta un comportamiento similar, donde los esfuerzos sísmicos acumulados han debilitado su capacidad de carga, lo que refuerza la necesidad de un enfoque integral para su rehabilitación.

Por otro lado, los resultados obtenidos de los modelos de vibración en la Casona de Auquibamba, con períodos de vibración que oscilan entre 0.237 s y 0.041 s, confirman la irregular distribución de rigidez en la estructura, lo que provoca concentraciones críticas de esfuerzo en determinados muros, particularmente en los muros M3, M4, M9 y M10. Esto está en consonancia con los resultados obtenidos por Condor Reyes & Molina Gómez (2019), quienes evidencian que el uso de geomalla biaxial en los muros de adobe mejora significativamente la distribución de las tensiones, optimizando la capacidad de carga y reduciendo la deformación estructural. En su investigación, la aplicación de geomalla resultó en una optimización del 81.48% en el eje X-X y 64.20% en el eje Y-Y, lo cual muestra una mejora sustancial en la capacidad estructural de los muros, sin embargo esta opción no podría ser una opción viable para la Casona de Auquibamba visto que el estado

actual de los muros con presencia de colapso parcial amerita una reconstrucción debido a que su porcentaje de colapso es superior al 48%.

Asimismo, en el caso de la Casona de Auquibamba, el modelo estructural indica que varios muros han excedido su capacidad de resistencia, mostrando deformaciones permanentes. Estos resultados coinciden con las conclusiones de Castro & Ccalla (2022), quienes en su evaluación de la Casona de Patibamba destacaron la importancia de analizar las características del terreno y los materiales de construcción, como la variabilidad del contenido de paja en los adobes, para determinar la viabilidad del refuerzo. Si bien el refuerzo con malla ha mostrado eficacia en otras investigaciones, como la de Condor Reyes & Molina Gómez, el deterioro avanzado y la condición crítica de los muros de la Casona de Auquibamba sugieren que una intervención puntual puede no ser suficiente para garantizar la seguridad estructural, como se observa también en el análisis de la Casona de Patibamba, donde se propuso el uso de tensores con acero en caso de falla de las alternativas de refuerzo.

Además, la investigación de Ruíz et al. (2017) subraya que en edificaciones patrimoniales de tierra, el refuerzo adecuado es crucial para asegurar su resistencia sísmica. El uso de placas de acero o madera como refuerzo en las construcciones del siglo XVI evaluadas en su estudio aumentó la resistencia de los muros del 24% al 98%. Este hallazgo pone en evidencia que, en el caso de la Casona de Auquibamba, un refuerzo estructural bien diseñado podría mejorar significativamente su desempeño frente a cargas dinámicas, aunque, dado el estado de colapso parcial de la edificación, la reconstrucción total sería la opción más adecuada para asegurar su preservación y estabilidad.

### **5.3. Prueba de hipótesis**

H1: La casona de Auquibamba presenta un estado estructural crítico e irreversible, con colapso parcial y pérdida de capacidad resistente, por lo que su reforzamiento

convencional no es viable, requiriéndose una reconstrucción integral con técnicas que aseguren su estabilidad y conservación.

H0= La casona de Auquibamba no presenta un estado estructural crítico e irreversible, ni colapso parcial y pérdida de capacidad resistente, por lo que su reforzamiento convencional es viable, requiriéndose una reconstrucción integral con técnicas que aseguren su estabilidad y conservación.

Para evaluar la validez de la hipótesis, se realizaron pruebas estructurales y análisis dinámicos utilizando el software SAP2000, que permitieron obtener los períodos de vibración y las concentraciones de esfuerzos en los muros más críticos. Los resultados obtenidos mostraron que la Casona presenta una estructura vulnerable, con concentraciones críticas de esfuerzos y muros que han superado su capacidad resistente, lo que indica un colapso estructural parcial.

La información obtenida a partir de los análisis de vibración (períodos de vibración de 0.237 s a 0.041 s) y la evidencia de deformaciones permanentes en los muros refuerzan la hipótesis alternativa, demostrando que la estructura es altamente vulnerable ante cargas dinámicas. Además, la identificación de fisuras severas, desplomes y pérdida de sección en los muros, combinada con los resultados de los esfuerzos de compresión que exceden los valores límites establecidos por la norma E-080, confirma que la hipótesis nula no puede ser aceptada.

En relación con la hipótesis alternativa, los datos indican que la edificación ha alcanzado un estado de colapso parcial debido a la degradación del adobe y a la acción sísmica acumulada, lo que hace inviable su rehabilitación sin una intervención estructural integral. Así, la reconstrucción total de la Casona es la única opción viable para garantizar su estabilidad y preservación.

## VI. Conclusiones

- La evaluación estructural de la Casona de Auquibamba revela que la edificación ha alcanzado un estado de colapso estructural parcial, con una pérdida significativa de su capacidad portante debido a la degradación del adobe y la acción sísmica acumulada. La resistencia del material es insuficiente frente a los esfuerzos inducidos, lo que hace inviable su rehabilitación sin una intervención integral. Asimismo, Los períodos de vibración obtenidos en SAP2000 (0.237 s a 0.041 s) confirman una estructura altamente vulnerable ante cargas dinámicas, con una distribución de rigidez irregular que ha generado concentraciones de esfuerzos críticas en muros M3, M4, M9 y M10 y los valores de esfuerzo revelan que varios muros han superado su capacidad resistente, con deformaciones permanentes que comprometen la seguridad de la edificación.
- Se han identificado fisuras severas, desplomes, pérdida de sección en los muros y fallas en las conexiones entre elementos estructurales, lo que evidencia una pérdida irreversible de estabilidad. Estos daños han sido agravados por la humedad, la falta de mantenimiento y los eventos sísmicos recurrentes.
- De acuerdo con la Norma E.080 de Adobe, los muros deben presentar una resistencia última a la compresión mínima de 6.12 kg/cm<sup>2</sup>. En el modelamiento realizado, se observó que los muros alcanzaron esfuerzos de compresión de 7.22 kg/cm<sup>2</sup> en la dirección del eje X y 4.47 kg/cm<sup>2</sup> en el eje Y, valores que exceden los límites establecidos por la normativa. En consecuencia, se concluye que la estructura no cumple con los requisitos de la Norma E.080.
- Dado el estado de colapso parcial y la inviabilidad de reforzamiento, es necesario la reconstrucción total de la casona, respetando sus características arquitectónicas y empleando técnicas que mejoren su comportamiento estructural

## VII. Recomendaciones

- La reconstrucción integral permitirá recuperar la identidad arquitectónica y el valor patrimonial de la casona, garantizando una estructura segura y funcional para su preservación a largo plazo. Por lo tanto, se recomienda reconstruir con los alcances estipulado en la Norma E.080 del RNE, es decir:
  - ✓ Sustitución de muros colapsados por nuevos muros de adobe reforzado con geomallas y morteros estabilizados.
  - ✓ Incorporación de elementos de confinamiento horizontal y vertical para mejorar la capacidad sísmica.
  - ✓ Uso de cimientos reforzados con mampostería de piedra y mortero de cal para reducir los efectos de la humedad y mejorar la estabilidad.
  - ✓ Implementación de un sistema estructural mixto, combinando materiales tradicionales con refuerzos en madera y acero en puntos estratégicos.

## VIII. Referencias

- Borja S., M. (2016). *Metodología de la Investigación científica para Ingenieros*. Chiclayo.
- Carrasco Días, S. (2006). *Metodología de la Investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Castro Espinoza, J. C., & Ccalla Huillcaya, P. (2022). *Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba*, . Abancay: UTEA.
- Chacón Sánchez, J. P., Suquillo Ronquillo, B., Sosa, D., & Celi, C. (2021). *Evaluación y Reforzamiento de una Estructura Patrimonial de Adobe con Irregularidad en Planta*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Chávez, R., & Torres, M. (2020). Evaluación estructural de edificaciones patrimoniales en zonas sísmicas. *Revista de Ingeniería Civil*, 45-60.
- CISMID. (2019). *Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en el Perú*. Lima: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres.
- Condor Reyes, E. B., & Molina Gomez, G. (2019). *Reforzamiento estructural de muros de adobe y la aplicación de la geomalla biaxial en la edificación cultural hotel comercio “El Cordano” – patrimonio cultural Lima – Perú*. Lima: Universidad de San Martín de Porres.
- Delgado Caizaguano, E. L. (2019). *Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales*. Riobamba, Ecuador: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.
- Escamirosa Montalvo, L. F. (2019). *Mejoramiento estructural de la vivienda tradicional de adobe de Chiapa de Corzo, Chiapas*. Chiapas, México: Revista Iberoamericana de las Ciencias Sociales y Humanísticas .
- Espinoza Carrasco, D. A. (2019). *Influencia de la adición de hidróxido de calcio en la resistencia a la compresión por unidad y en pilas de adobe Abancay, 2019*. . Abancay: UTEA.

- Gamba Tiusaba, C. F. (2019). *Reforzamiento por una cara de muros de manipostería de arcilla con unidades de perforación horizontal*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Gutierrez, R., & Espinoza, M. (2021). *Métodos de reforzamiento estructural en edificaciones patrimoniales de adobe en el Perú*. Lima: Revista de Ingeniería y Construcción.
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- ICOMOS. (2019). Principios internacionales para la conservación de estructuras patrimoniales. Consejo Internacional de Monumentos y Sitios. *ICOMOS*.
- INEI. (2020). *Censo de viviendas rurales y su estado de conservación en la región Apurímac*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- MINCUL. (2018). *Lineamientos para la conservación de inmuebles patrimoniales en zonas andinas*. Dirección General de Patrimonio Cultural. Lima: Ministerio de Cultura del Perú.
- Ministerio de Transporte, y. C. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNICA Y PAVIMENTOS*. Lima: RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°05-2013-MTC/14.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2006). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (1ra Edición, DS N°011-2006-VIVIENDA)*. Lima: Diario El Peruano.
- Morocho Simbaña, D. M., & Obelencio Marin, B. J. (2024). *Propuesta de reforzamiento estructural de una casa patrimonial ubicada en el centro histórico de Cuenca*. Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana .
- Restrepo Palacio, M., Hernández Niño, A. L., Galindo Jaramillo, P. R., Ruiz Valencia, D. M., Reytez Ortiz, J. C., Barrera Ospina, N., . . . Restrepo Palacio, M. (2017). *Reforzamiento estructural de edificaciones patrimoniales en tierra de 1 y 2 pisos: aplicación de la normativa AIS-610-EP-2017*. *Informes de la Construcción*.

- Torrealva Dávila, D. E. (2009). *SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS DE LA REGIÓN CUSCO* . Cusco: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Bogotá: Cengage.
- UNESCO. (2020). Informe mundial sobre la conservación de patrimonio arquitectónico en zonas de riesgo sísmico. *UNESCO*.

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