

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS**

“Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba,  
distrito, provincia de Abancay, Apurímac-2022”

Presentado por:

**Bach. CASTRO ESPINOZA, Julio Cesar**

**Bach. CCALA HUILLCAYA, Pedro**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay- Apurímac -Perú**

**2022**

## **Tesis**

“Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba,  
distrito, provincia de Abancay, Apurímac-2022”

## **Línea de Investigación**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible

## **Asesor:**

M.Sc. Ángel Maldonado Mendivil



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL EN LA  
CASONA DE PATIBAMBA, DISTRITO, PROVINCIA DE ABANCAY, APURÍMAC -  
2022”**

Presentado por **CASTRO ESPINOZA, Julio Cesar** y **CCALA HUILLCAYA, Pedro**  
para optar el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL**.

Sustentado y aprobado el 30 de diciembre del 2022, ante el jurado:

**Presidente** : Ing. Holguer Cayo Baca

**Primer miembro** : Ph.D. Abbon Alex Vásquez Ramirez

**Segundo miembro** : Mg. Wilfredo Soto Palomino

**Asesor** : M.Sc. Ángel Maldonado Mendivil

## DEDICATORIA

*A Dios por brindarme la vida y salud.*

*A mis padres por el apoyo continuo, su impulso y por el sacrificio que realizaron para llegar a ser un profesional.*

*A mis hermanos y familiares en general por el apoyo que demostraron día a día en el transcurso de mi estudio universitario.*

*Pedro Ccala Huillcaya*

*A Dios por brindarme la vida y salud.*

*A mis padres que me impulsaron siempre a seguir adelante y luchar por mis sueños.*

*A mis hermanos por estar conmigo en todo momento.*

*En memoria de mi abuela quien siempre estuvo a mi lado apoyándome en todo momento.*

*Julio Cesar Castro Espinoza*

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por estar siempre presente y darme sabiduría y fortaleza para cumplir esta meta.*

*A mis familiares: a mis padres Pedro y Marina, a mis hermanos Noel, Alfredo y Ramiro por su apoyo incondicional.*

*Pedro Ccala Huillcaya*

*A Dios por iluminar mi camino hacia mis objetivos. A mi familia por todo el apoyo incondicional.*

*En memoria de mi abuela quien siempre estuvo a mi lado apoyándome en todo momento.*

*Julio Cesar Castro Espinoza*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA .....	i
POSTPORTADA.....	ii
PÁGINA DE JURADOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ACRÓNIMOS.....	xvi
RESUMEN .....	xviii
ABSTRACT .....	xix
INTRODUCCIÓN .....	xx
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.2.1 <i>Formulación de problemas</i> .....	2
1.2.2 <i>Problema General</i> .....	2
1.2.3 <i>Problemas específicos</i> .....	2

1.3	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	3
1.4	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4.1	<i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.5	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.5.1	<i>Espacial</i> .....	5
1.5.2	<i>Temporal</i> .....	5
1.5.3	<i>Social</i> .....	5
1.5.4	<i>Conceptual</i> .....	5
1.6	VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
1.7	LIMITACIONES .....	6
1.7.1	<i>Limitación geográfica</i> .....	6
1.7.2	<i>Limitación de diseño</i> .....	6
<b>II</b>	<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>8</b>
2.1	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
2.1.1	<i>A nivel internacional</i> .....	8
2.1.2	<i>A nivel nacional</i> .....	13
2.1.3	<i>A nivel regional y local</i> .....	15
2.2	BASES TEÓRICAS .....	16
2.2.1	<i>Restauración</i> .....	16
2.2.1.1	Consideraciones en las restauraciones .....	19
2.2.1.2	Partes de una restauración .....	19
2.2.1.3	Normas Técnicas .....	20

2.2.2 <i>Materiales que son utilizados en edificaciones antiguas.....</i>	22
2.2.2.1 Adobe.....	22
2.2.2.2 La Piedra.....	23
2.2.2.3 Cimentación .....	24
2.2.2.4 Muros .....	25
2.2.2.5 Techos .....	25
2.2.2.6 Mampostería .....	26
2.2.2.7 Madera.....	29
2.2.2.8 bóveda de lunetos.....	30
2.2.3 <i>Criterios para la evaluación y diagnostico estructural de una edificación antigua.....</i>	31
2.2.4 <i>Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....</i>	31
2.2.5 <i>Fallas de construcción en los adobes.....</i>	33
2.2.5.1 Muros de mampostería .....	33
2.2.6 <i>Fallas en la madera .....</i>	38
2.2.6.1 Deformaciones causadas por el efecto de la madera húmeda .....	38
2.2.7 <i>Como identificar las patologías.....</i>	39
2.2.8 <i>Procesos patológicos.....</i>	40
2.2.8.1 Deformación y ruptura.....	40
2.2.8.2 Las patologías de origen mecánico .....	41
2.2.9 <i>Método para el análisis estructural .....</i>	42
2.2.9.1 Tipo de análisis .....	43
2.2.9.2 Método de análisis .....	44

2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	46
2.3.1	<i>Reforzamiento estructural</i> .....	46
2.3.2	<i>Comportamiento estructural</i> .....	46
2.3.3	<i>Patología</i> .....	46
2.3.4	<i>Deterioro</i> .....	46
2.3.5	<i>Propuesta metodológica</i> .....	47
2.3.6	<i>Análisis estructural</i> .....	47
2.3.7	<i>Adobe</i> .....	47
2.3.8	<i>Teja</i> .....	47
2.3.9	<i>Piedra</i> .....	48
2.3.10	<i>Mortero</i> .....	48
2.3.11	<i>La mampostería</i> .....	48
2.3.12	<i>Muro</i> .....	48
2.3.13	<i>Madera</i> .....	49
<b>III</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>50</b>
3.1	HIPÓTESIS .....	50
3.1.1	<i>Hipótesis general</i> .....	50
3.1.2	<i>Hipótesis específicas</i> .....	50
3.2	MÉTODO.....	51
3.3	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	51
3.4	NIVEL O ALCANCE DE INVESTIGACIÓN .....	51
3.5	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.6	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	52

3.6.1	<i>variable independiente</i> .....	52
3.6.2	<i>Variable dependiente</i> .....	52
3.6.3	<i>cuadro de operacionalización de variables</i> .....	52
3.7	POBLACIÓN Y MUESTREO .....	54
3.7.1	<i>población</i> .....	54
3.7.2	<i>Muestra y muestreo</i> .....	54
3.8	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	55
3.8.1	<i>Técnicas</i> .....	55
3.8.2	<i>Instrumentos</i> .....	55
3.9	CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	56
3.10	PROCESAMIENTOS ESTADÍSTICOS .....	56
<b>IV</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>57</b>
4.1	RESULTADOS .....	57
4.1.1	<i>A nivel de la variable independiente (X/I)</i> .....	57
4.1.1.1	Ubicación .....	57
4.1.1.2	Descripción de la construcción de la Casona de Patibamba .....	58
4.1.1.3	Tipología Arquitectónica.....	59
4.1.2	<i>A nivel de la variable dependiente (Y/D)</i> .....	63
4.1.2.1	Procedimientos y técnicas utilizados en restauración de la casona de Patibamba con adobe en la zona de Apurímac.....	63
4.1.2.1.1	Antecedentes históricos de las técnicas utilizadas en la restauración .	64
4.1.2.1.2	Principales técnicas.....	66
4.1.2.1.3	Procedimientos aplicados en la restauración .....	67

4.1.2.2	Compatibilidad del adobe con materiales que se usan en técnicas de restauración.....	71
4.1.2.3	Compatibilidad del adobe con madera.....	72
4.1.2.4	Compatibilidad del adobe con el acero.....	73
4.1.2.5	Compatibilidad del adobe con el concreto armado.....	73
4.1.2.6	Intervenciones anteriores.....	74
4.1.2.7	Evaluación del estado actual de la casona de Patibamba.....	76
4.1.2.8	Causas del deterioro en el área de intervención.....	77
4.1.2.9	Propiedades de los materiales.....	78
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
4.2.1	<i>Bloque Trapiche</i> .....	78
4.2.2	<i>Bloque campanario y canal</i> .....	80
4.2.3	<i>Bloque casa bodega</i> .....	82
4.2.4	<i>Bloque casa hacienda</i> .....	83
4.2.5	<i>Esfuerzos de compresión en los muros de adobe</i> .....	85
4.2.5.1	Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe del bloque trapiche.....	85
4.2.5.2	Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe del bloque casa bodega.....	85
4.2.5.3	Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe del bloque casa hacienda.....	86
4.2.5.4	Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque trapiche para un sismo de 0.15g en dirección X-X.....	86

4.2.5.5 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa bodega para un sismo de 0.15g en dirección X-X.....	87
4.2.5.6 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa hacienda para un sismo de 0.15g en dirección X-X.....	87
4.2.5.7 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque trapiche para un sismo de 0.15g en dirección Y-Y .....	88
4.2.5.8 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa bodega para un sismo de 0.15g en dirección Y-Y.....	88
4.2.5.9 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa hacienda para un sismo de 0.15g en dirección Y-Y .....	89
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

tabla 1. propiedad de mampostería en piedra. ....	24
tabla 2. propiedades mecánicas de la mampostería .....	28
tabla 3. operacionalización de variables .....	52
tabla 4. periodos de vibración del bloque trapiche.....	79
tabla 5. periodos de vibración del bloque campanario y canal .....	81
tabla 6. periodos de vibración del bloque casa bodega .....	82
tabla 7. periodos de vibración del bloque casa hacienda .....	84
tabla 8. esfuerzo bloque trapiche.....	85
tabla 9. esfuerzo bloque casa bodega.....	85
tabla 10. esfuerzo bloque casa hacienda .....	86
tabla 11. esfuerzo bloque trapiche para un sismo 0.15g dirección x-x .....	86
tabla 12. esfuerzo bloque casa bodega para un sismo 0.15g dirección x-x .....	87
tabla 13. esfuerzo bloque casa hacienda para un sismo 0.15g dirección x-x.....	87
tabla 14. esfuerzo bloque trapiche para un sismo 0.15g dirección y-y .....	88
tabla 15. esfuerzo bloque casa bodega para un sismo 0.15g dirección y-y .....	88
tabla 16. esfuerzo bloque casa hacienda para un sismo 0.15g dirección y-y.....	89

## ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1. esquema del sistema estructural de la cimentación .....	24
figura 2. variedad de tipos de mampostería utilizados en las constricciones de las iglesias.....	27
figura 3. procedimiento de construcción con madera .....	29
figura 4. bóveda de lunas en sus formas de transmitir cargas .....	30
figura 5. el mecanismo de falla tipo i .....	34
figura 6. mecanismo de falla tipo ii .....	34
figura 7. mecanismo de falla tipo iii-a y iii-b .....	35
figura 8. mecanismo de falla tipo iv .....	36
figura 9. mecanismo de falla tipo v .....	36
figura 10. mecanismo de falla tipo vi .....	37
figura 11. mecanismo de falla tipo vii .....	38
figura 12. el esquema de desratización .....	45
figura 13. ubicación de la casona patibamba .....	58
figura 14. detalle en planta del bloque trapiche.....	60
figura 15. detalle en planta del bloque canal y campanario.....	61
figura 16. detalle en planta del bloque casa hacienda.....	62
figura 17. detalle en planta del bloque casa bodega .....	63
figura 18. caída de muro por factor pluvial .....	66

figura 19. reforzamiento con geomalla .....	70
figura 20. proceso de fabricación de geomallas .....	71
figura 21. modelamiento en sap 2000 bloque trapiche .....	78
figura 22. modelamiento en sap 2000 bloque campanario y canal .....	80
figura 23. modelamiento en sap 2000 bloque casa bodega .....	82
figura 24. modelamiento en sap 2000 bloque casa hacienda .....	83

## ACRÓNIMOS

AASHTO	: Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportes (American Association of State Highway and Transportation Officials)
ACI	: Instituto Americano del Concreto (American Concrete Institute)
AF	: Agregado Fino
AG	: Agregado Grueso
ASTM	: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials)
MIDAGRI	: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
MTC	: Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
MF	: Módulo de Fineza
MR	: Módulo de Rotura
NTP	: Norma Técnica Peruana
PUC	: Peso Unitario Compactado
PUS	: Peso Unitario Suelto
SSS	: Saturado Superficialmente Seco
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación del Suelo
TMN	: Tamaño Máximo Nominal
TM	: Tamaño Máximo
MINCUL	: Ministerio de Cultura
DRC	: Dirección Regional de Cultura
CV	: Cesar Vallejo

COEN : Centro de Operaciones de Emergencias Nacional  
INDECI : Instituto Nacional de Defensa Civil  
SINAGERD : Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres  
INC : Instituto Nacional de Cultura

## RESUMEN

En el presente trabajo de investigación hacemos mención sobre la conservación de nuestras edificaciones antiguas que representan el patrimonio histórico y de la humanidad, el trabajo tiene como objetivo el análisis del estado actual en el que se encuentra y posteriormente plantear una propuesta de reforzamiento estructural, de la “Casona de Patibamba” las estructuras antiguas son construcciones que se pueden observar alrededor de muchos países, como símbolos tangibles por que marca un antes y un después en la historia de un lugar, donde ocurrieron eventos y forman parte de la historia, esto unifica a nuestra identidad del pasado con la actualidad.

En el trabajo plasmamos el comportamiento de las estructuras y construcciones de adobe y mampostería ante los eventos sísmicos y también las patologías que se presentan en la edificación antigua, esto permitirá reproducir numéricamente el estado actual y real de la Casona de Patibamba, se detectaron daños que tiene a lo largo del tiempo donde el alineamiento de las columnas y muros presentan agrietamientos, fisuras y desplazamientos en el adobe más en la mampostería se mantiene preservado hasta la actualidad, los estudios permitirán darle mayor tiempo de vida útil a la estructura para poder proponer un reforzamiento estructural adecuado con el uso del programa SAP2000, la importancia radica en la necesidad de plantear los refuerzos en la Casona de Patibamba, de los resultados de la investigación que encuentran los elementos de madera, mampostería, adobe y madera presentan las alternativas viables en la continuidad estructural, para que la edificación se mantenga a lo largo del tiempo.

**Palabras claves:** reforzamiento, agrietamientos, madera, mampostería, casona, patrimonio.

## ABSTRACT

In the present research work we mention the conservation of our old buildings that represent the historical and humanity heritage, the work aims to analyze the current state in which it is found and subsequently propose a proposal for structural reinforcement, of the "Casona de Patibamba" the old structures are constructions that can be seen around many countries, as tangible symbols because they mark a before and after in the history of a place, where events occurred and are part of history, this unifies to our identity of the past with the present.

In the work we capture the behavior of the structures and constructions of adobe and masonry before the seismic events and also the pathologies that appear in the old building, this will allow numerically reproducing the current and real state of the Casona de Patibamba, damages were detected that has over time where the alignment of the columns and walls present cracks, fissures and displacements in the adobe but in the masonry it remains preserved until today, the studies will allow to give the structure a longer useful life in order to propose a adequate structural reinforcement with the use of the SAP2000 program, the importance lies in the need to propose the reinforcements in the Casona de Patibamba, from the results of the research found the elements of wood, masonry, adobe and wood present viable alternatives in structural continuity, so that the building is maintained over time.

**Keywords:** reinforcement, cracking, wood, masonry, house, heritage.

## INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo se ha realizado varias y diferentes investigaciones con lo que respecta a reforzamiento estructural de edificaciones antiguas, por cual la presente investigación busca determinar las propiedades y características de los elementos de la estructura antigua, con un modelamiento en el Sap2000 v.23 primero sin reforzamiento estructural y luego se procede a realizar el modelamiento con el reforzamiento estructural de geomalla, así rescatando la edificación antigua para las futuras generaciones, todo esto a nivel de evaluación y diagnóstico.

La presente investigación se desarrolla en 4 capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I, donde fundamenta el planteamiento de problema se describe la realidad problemática así mismo el planteamiento del objetivo general y específicos

Capitulo II, se da a conocer el marco teórico empleado en la investigación, Antecedentes, Bases teóricas y Marco conceptual.

Capitulo III, se da a conocer la Metodología de la investigación utilizando la técnica del diseño no experimental cuantitativo y descriptivo, además se determinó que la muestra es la población que viene a ser la Casona de Patibamba.

Capitulo IV, se indica los resultados obtenidos las conclusiones y las recomendaciones.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Realidad Problemática

Llama bastante la atención en buscar un equilibrio que exista entre lo antiguo y sobre todo lo moderno, ya que esta enlazado con el patrimonio de nuestra cultura, dado ello se busca hacer o proponer la restauración de nuestro patrimonio histórico. Por otra parte, hacer llegar a la población en conjunto tenga en conocimiento acerca de dichas edificaciones que vienen desde tiempo antiguos. (Araceli Bravo Cortez ,2011)

Sobre todo la restauración y conservación de un patrimonio antiguo es un campo ampliamente extenso sobre todo complejo ya que está considerado como una configuración de tipo espacial , por otra parte este tipo de estructuras cuentan con una arquitectura que tengan una calidad estética, ya que estas antiguamente se caracterizaban por tener una imagen llamativa en zonas urbanas sobre todo llama la atención el tipo de estructura arquitectónica ,ya que esto hoy a la actualidad tienen un valor cultural sobre todo histórico a lo largo de su tiempo de vida por ello es

importante la conservación de este tipo de estructuras así mismo readaptarlas con nuevas metodologías en su restauración . (Rafael G. Martines Zarate, 2014)

La casona de Patibamba se encuentra en completo estado de abandono, puesto que el paso del tiempo, el clima y los factores de la naturaleza causaron su deterioro, factores como los fenómenos naturales causaron efectos de daños estructurales en la casona, pese a los daños causados aún existen las estructuras, en el bloque de la casa los muros de adobe, se encuentran muy deteriorados, en el bloque principal parte de la edificación antigua se encuentra con muros y techos desplomados.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Formulación de problemas**

Se plantea realizar un Análisis estructural sobre todo las patologías existentes y tener una propuesta de reforzamiento estructural que ayude a preservar la estructura de la edificación antigua para las siguientes generaciones de la casona de Patibamba.

### **1.2.2 Problema General**

¿El diagnostico actual, permitirá plantear la propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba Abancay -Apurímac 2022?

### **1.2.3 Problemas específicos**

a. ¿Cuál será las propiedades mecánicas y físicas de los materiales empleados en la Casona Patibamba?

b. ¿Cómo se analizará el sistema de las estructuras de la Casona Patibamba que identificará las patologías?

c. ¿Cuál será el tipo de reforzamiento estructural adecuado para el reforzamiento estructural de la Casona Patibamba?

### **1.3 Justificación de la investigación**

A lo largo de la historia en el Perú, se tuvo un legado de edificaciones antiguas que poseemos como parte de nuestro pasado, el reto de preservar estas edificaciones antiguas para las generaciones futuras, conlleva a buscar métodos de conservación, se hace énfasis en las responsabilidades de cuidado que se debe tomar si se quiere mantener a lo largo del tiempo.

La cultura Abanquina fue centro de producciones, gracias a sus ingeniosas infraestructuras lograban transformar diferentes productos para su comercio, aún queda la belleza arquitectónica que se debe preservar como legado histórico.

A lo largo de la línea del tiempo esta edificación antigua no ha podido mantenerse intacta, pese a que tuvieron intervenciones para contener el deterioro de la casona.

Los materiales de construcción son variados puesto que tenían bloques donde se realizaban distintos trabajos de producción y ambientes de viviendas su muestra arquitectónica.

La institución educativa “Cesar A. Vallejo” viene funcionando desde muchos años, cerca de la casona de Patibamba, poniendo en riesgo la casona puesto que los alumnos en tiempos de recreación usaban las instalaciones para jugar y buscando restos antiguos de pertenecientes a la casona.

Abancay se encuentra en una zona sísmica S2, por lo que esta propenso a deteriorar la estructura de la casona.

Este tipo de construcción no es muy conocida ya sea en tipo de construcción o el comportamiento frente a eventos causados por sismos.

En su mayor parte este tipo de estructuras como tenemos las casonas fueron hecha de mampostería y adobe, las estructuras de los techos fueron de maderas de la zona y tejas de arcilla cocida, los muros ya han perdido su enlucido y los muros están deteriorados, en otros sectores se puede apreciar que están erosionados, los techos han perdido la mayoría de tejas debido al poco mantenimiento incluido las cañas y torta de barro que acompañan

Algunos bloques fueron demolidos para la construcción de la nueva infraestructura del colegio cesar vallejo, haciendo de que el área construida de la casona se reduzca.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Elaborar un estudio que evalué las condiciones actuales y plantear una propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba, distrito, provincia de Abancay, Apurímac-2022.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

a. Determinar las propiedades físicas, mecánicas de los materiales que se utilizaron en la Casona de Patibamba.

b. Analizar los sistemas estructurales para poder identificar las áreas vulnerables de la estructura de la Casona de Patibamba.

c. Plantear el reforzamiento estructural adecuado para la restauración de la Casona de Patibamba.

## **1.5 Delimitación de la investigación**

### **1.5.1 Espacial**

Esta investigación aconteció en la provincia de Abancay, Región Apurímac, donde se realizaron los estudios para el análisis de la estructura finalmente proponer un tipo de reforzamiento que se adecue a las necesidades de la edificación antigua.

### **1.5.2 Temporal**

El periodo que se tomando desde la fecha de elaboración del proyecto tanto su revisión posteriormente aprobado, a la fecha a partir del 25 de julio del 2022. En tal sentido se estudió y analizó toda información hasta el mes de junio del año 2022.

### **1.5.3 Social**

Está delimitada a analizar los valores de la edificación antigua, los cuales son identidad social, simbólica, arquitectónica, urbanística y cultural que están relacionadas con la identidad abanquina y nacional.

### **1.5.4 Conceptual**

La presente investigación abarca los estudios físico, mecánico, topográfico, geotécnico y estructural de la casona de Patibamba que en armonía con la arquitectura se pretende preservar para las futuras generaciones, los estudios realizados son para buscar el tipo de refuerzo estructural adecuado, se optó en evaluar los cimientos, sobrecimientos, muros, techos. Calicata para ver el tipo de suelo, mediante estudios de suelos,

y se hace realiza el modelamiento de los bloques de la casona de Patibamba con el software SAP 2000 V.23.

## **1.6 Viabilidad de la investigación**

El ministerio de cultura autorizo, el acceso a la edificación antigua para tomar muestras de la casona, también se cuenta con la parte logística para su elaboración de esta investigación que busca el tipo de reforzamiento adecuado para la casona.

En el aspecto económico se contó con lo necesario para poder cubrir los costos relacionados a los estudios de suelos, estudios físicos y mecánicos realizados en laboratorio, los investigadores cubrieron satisfactoriamente con los gastos competentes sin inconveniente alguno.

## **1.7 Limitaciones**

### **1.7.1 Limitación geográfica**

La presente investigación se limitó geográficamente a ser estudiada en la ciudad de Abancay, la recolección de datos y ensayos a realizarse tuvieron lugar a realizarse en la ciudad. El problema con la pandemia Covid-19 retraso algunos estudios y acceso a la casona fue necesario obtener un permiso especial por parte del ministerio de cultura para poder obtener muestras y realizar el levantamiento topográfico.

### **1.7.2 Limitación de diseño**

La presente investigación se limitó a proponer reforzamiento estructural en la casona de Patibamba, con la finalidad de reemplazar los materiales

dañados por nuevos con las mismas propiedades, en los bloques: trapiche, campanario, casa hacienda, bodega.

## II MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 A nivel internacional

Rodríguez, C. (2018), En su tesis denominada *“Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.c”* de la Universidad Distrital Francisco José de Celdas, Bogotá en la parte su metodología es cuantitativo de tipo retrospectivo porque la investigación es descriptiva, esta se basa en todas las experiencias, entre ellas unas de las técnicas más eficientes de reforzamiento de estructuras, los resultados obtenidos logran resaltar la técnica de reforzamiento con tierra y el adobe reforzado con madera los cuales dan al reforzamiento implementando el revestimiento de sus muros, reforzamientos con vigas de coronación también con dispositivo de metal, en las conclusiones dan a conocer que los ensayos en laboratorio dan a conocer el comportamiento actual y real de estas estructuras así comprobar su eficiencia ,sobre todo la funcionabilidad de estos métodos de reforzamiento también destaca las variedades de métodos de

reforzamiento estructural así mejorando su comportamiento sismo-estructural para saber las características físico- mecánicas antes de realizar cualquier intervención en edificaciones coloniales que fueron realizados con materiales como el adobe que son materiales de características heterogenias con el fin de conservar los monumentos históricos en las recomendaciones para los reforzamientos indica de que es de necesidad primordial reforzar inmuebles que por preocupación hay que adoptar las mejoras como la capacidad de resistencia requerida también adopta la posición de que los investigadores recomiendan la no utilización de elementos como son de concreto armado en el reforzamiento de edificaciones con adobe, esto es debido a que no hay compatibilidad entre las propiedades mecánicas entre estos materiales, pues al presentarse un evento sísmico las estructuras colisionarían, de esta manera provocando la avería o el colapso según la magnitud del fenómeno a la edificación antigua.

Delgado, E. (2019), en su tesis *“Técnicas de reforzamiento estructural en la rehabilitación de edificaciones patrimoniales”* la investigación tuvo la finalidad de aplicar las técnicas de reforzamiento en el mejoramiento de una edificación antigua, usando el método tipo aplicado en el levantamiento de este tipo de fallas en los muros también las estructuras con maderas, la investigación es descriptiva donde se hace un diagnóstico de todos los elementos estructurales así determinar el material y la patología así proponer un método de refuerzo así contemple una compatibilidad de estos materiales en la edificación antigua, desarrollo un modelo de inicio de la intervención

inicial y otra donde con muestras de diferentes técnicas en el reforzamiento entre ellas: utilizando una placa hecha de concreto ubicado en su entrepiso, en la restauración de la cubierta y las mallas electro soldadas como refuerzo en los muros, obteniendo los resultados que le permitieron fundamentar el reforzamiento, en ello se logró determinar su control de torsión en la planta y analizar sus refuerzos, se obtiene el análisis de esta edificación antigua la aceleración espectral inicial ( $S_a$ ) el valor de 0.75 y la cortante basal 0.75, para la edificación reforzada ( $S_a$ ) 1.19 la cortante basal es de 0.39, después del reforzamiento se revisó las partes internas de los muros también en las secciones de la madera, concluyendo el análisis sísmico y las técnicas aplicadas cumplieron el objetivo de corregir el estado de la edificación antigua.

Gamboa, C. (2019), En su tesis *“Reforzamiento por una cara de muros de mampostería de arcilla con unidades de perforación horizontal”* de la Universidad Nacional de Colombia, en sus ensayos a compresión en muros elaborados con mampostería obtiene la mayor rigidez, en sus muretes elaborados con arcillas con perforaciones horizontales no reforzados, en estas cargas la última carga llega a la capacidad de 4.5 y 5.0 veces de su carga ultima en muretes no reforzados, teniendo en cuenta que al elaborar el refuerzo esta aumenta el área en estos muretes en la capa del pañete logro aumentar un 1.65 veces, también se vio que se incrementó en estos muretes no reforzados, también a diferencia de los muretes reforzados con malla los cuales se presentaron fisuras en la esquina, cada vez que se incrementaba la carga se desarrollaban fisuras y se expandieron aún más, en cuanto a la

integridad de la cara con la malla esta mantuvo hasta el final de los ensayos, en cuanto a la parte interna de esta mampostería que se encontraba sin malla se continuo rígida gracias a su refuerzo de chazos de plástico, se vieron pandeos en la cara hecha sin malla y también se presentaron fisuras en los bloques con el pañete mientras aumentaba su carga, esta mampostería llevo a quebrarse a pesar de todo ello la parte de los muretes estas se mantienen resistiendo, mientras que la carga con incorporación de mallas continuo casi intacto hasta el final de la prueba para ensayo a tensión diagonal respecto a su deformación se presenta en el murete una mayor capacidad de deformación de esta manera evitando un colapso total.

De la torre, R. (2004), En su artículo. *“Evaluación estructural y comportamiento de las reparaciones efectuadas a edificaciones históricas”*, México, podemos apreciar aquí las experiencias a lo largo de los 50 años en las evaluaciones y restauración de ubicaciones antiguas de México. Estas construcciones son hechas de mampostería no confinadas, los elementos de construcción son el cal-arena, ladrillos piedras, a lo que permite generar un comportamiento ideal estructuralmente en eventos sísmicos. Se han encomendado a diferentes tipos de ingenieros estructuralistas en rehabilitación en esta investigación se presenta diferentes tipos de fallas así diferentes opciones de reparación en sus estructuras los criterios de intervención estructural están aquí fundamentadas que se orientan a respetar su arquitectura original de los inmueble. Estos trabajos donde intervienen estos evolucionan de acuerdo a su comportamiento estructural frente a agentes

sísmicos. Las conclusiones a las que llega después de la intervención son diversas por que en algunos casos los tipos de soluciones fueron variadas mientras el comportamiento

Los refuerzos que se proyectaron para los diferentes elementos estructurales, deberían ser contemplados como las unidades que interactúan de modos muy complejos con el edificio completo.

Las soluciones tradicionalmente realizadas que se usaron y que fueron probadas han demostrado ser de alta efectividad en este tipo de estructuras, que son las que se incorporan los esfuerzos locales para uniformemente deben ser distribuidos a lo largo de las naves, también en el caso de los tensores que están ubicados en los arcos fijos o en las direcciones intermedias también así como los incrementos de las secciones de los contrafuertes, son soluciones que a lo largo de la historia han probado buen grado de efectividad.

Francisco, G. (2010), en su tesis *"METODOLOGIA PARA RESTAURACION DEL SISTEMA ESTRUCTURAL DE MONUMENTOS O INMUBLES HISTORICOS DEL PATRIMONIO CULTURAL EN EL SALVADOR"* tuvo como objetivo plantear lo siguiente la elabora un lineamiento general desde su análisis general ,así adecuándose a la metodología así restaurando el sistema estructural de los monumentos y los patrimonios históricos sobre todo cultural en el Salvador, en sus conclusiones nos menciona que la metodología en la restauración de los sistemas estructurales de estos monumentos sobre todo en su patrimonio cultural cabe

resaltar la importancia para un país ,no se presentaron metodologías en la restauración de estos sistemas estructurales de dichos monumentos ,en este caso se implementó en la iglesia San Esteban en el cual se aplicó esta metodología lo cual ajusta al análisis estructural el cual esta debe de realizar una restauración .

La inspección visual que se realizó detalla el sistema estructural de este monumento. En cuanto al levantamiento de los daños causados en el sistema estructurales también en los subsistemas de la edificación antigua, las pruebas realizas métricas y sondeos, análisis y diagnóstico, es decir sirven para la propuesta de la intervención para la restauración estructural

### **2.1.2 A nivel nacional**

Quispe, M. (2017), en su tesis *“EVALUACION Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO ESTRCTURAL DE LA CAPILLA CRISTO POBRE DE LA BENEFICIENCIA DE PUNO”* de la Universidad Nacional del Altiplano, su objetivo es realizar una evaluación que permita observar su estado actual y así proponer un tipo de reforzamiento estructural en esta capilla de denominación “Cristo Pobre” el cual pertenece a la beneficencia de la ciudad de Puno, la edificación antigua. En sus conclusiones especifica que las estructuras tienen daños, grietas en los muros, grietas también tienen desprendimiento te bloques el estado actual en la que se encuentra se necesita una intervención que tenga en cuenta los reforzamientos y reparaciones de aquellos elementos que conformen dicha estructura con un objetivo que es de mantener a toda esta estructura.

De acuerdo a las evaluaciones realizadas en el modelamiento estructural, se determinó las zonas más vulnerables a intervenir.

Apaza, D. (2014), En su tesis denominado, “*Evaluación de la seguridad sísmica en la superestructura de la catedral de puno*”, tuvo como objetivo analizar su comportamiento de la estructura de esta catedral situado en la ciudad de Puno debido a agentes sísmicos que están específicas en la norma peruana para poder avanzar con la propuesta de intervención estructural, teniendo en cuenta la aplicación de la metodología para la evaluación de esta estructura se pretende generar un modelo constructivo y también con las peculiaridades de los materiales para los cálculos estructurales con el método de elementos finitos, es una ampliación de modelación con un sistema de software donde los resultados tienen la precisión que se desea para ver los comportamientos estructurales.

Condor, E. (2019). En su tesis denominado, *Reforzamiento estructural de muros de adobe y aplicación de geomalla biaxial en la edificación cultural hotel comercio “el Cordano”- patrimonio cultural de lima – Perú*, de la Universidad San Martín de Porres tiene como objetivo poder determinar el tipo de reforzamiento estructural mediante la aplicación de geomalla biaxial que estas influyan en el comportamiento estructural de muros de adobe, en sus conclusiones menciona que según la norma E0.80 la última tracción da como resultado  $0.81 \text{ kg/cm}^2$  por lo que define lo siguiente, en la modelación de los muros dan como resultado en el eje X-X a tracción  $0.81 \text{ kg/cm}^2$  y sismo en Y-Y  $0.76 \text{ kg/cm}^2$  también se obtiene los resultados con la geomalla de  $0.15 \text{ kg/cm}^2$  en sismo X-X  $0.29 \text{ kg/cm}^2$  respecto a la optimización n del 81.48% respecto al sino en X-X y 64.20%.

Aguilar, R. (2013). En el artículo, " *Intervención estructural en la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas en Cusco, Perú*", aquí se logra presentar el estudio estructural de una iglesia el cual tiene como propósito poder determinar todas las cargas de gravedad sobre todo de sismo, el presente artículo también se muestra el detalle del material en las que se encuentra identificadas sus patologías aquí proponen soluciones estructurales para el reforzamiento de manera urgente para los sectores dañados, estos corrobora en resultados de estos estudios así identificar las propiedades en la torre de esta iglesia, también estos resultados de los modelos con software donde se plasma el comportamiento estructural de la edificación.

Esquivel, Y. (2009). En su tesis denominado " *Sistemas de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco*", en las cuales sus objetivos son determinar estos sistemas de refuerzo estructural utilizados en monumentos históricos situados en Cusco a través de evaluaciones y de registros de tipo estructural utilizando el método propuesto después de determinar sus propiedades físicas y mecánicas de los materiales que se utilizaran en el reforzamiento estructural para su efectividad.

### **2.1.3 A nivel regional y local.**

A nivel regional y local se tiene algunas restauraciones como:

- a. Restauración de la plaza de Cocharcas, Apurímac (2021)
- b. Restauración de la hacienda de Illanya, Abancay, Apurímac (2006)

c. Además de que este trabajo de investigación titulado: “Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba, distrito, provincia de Abancay, Apurímac-2022”, contribuirán como fuente de información para los estudios y proyectos que se realizarán.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Restauración**

Carta de Venecia (1964), menciona que la restauración es una operación que tiene carácter excepcional, su fin supremo es conservar la estética y la historia del monumento histórico también lo fundamenta como la esencia antigua basada en los documentos, ya con la base se inicia su hipótesis en el plano de las reconstrucciones los trabajos complementarios son considerados estéticos y técnicos donde se aprecia y aflora la arquitectura que llevara la estructura a nuestra época, los estudios siempre estarán de la mano con el estudio arqueológico e histórico de la edificación antigua.

La carta de Cracovia, (2000), menciona que para una conservación se realizaban diferentes maneras del control medioambiental, así mantenimiento su restauración, reparación, rehabilitación sobre todo su renovación. Todos los tipos de intervenciones representa la tona de decisiones, responsabilidades y selecciones con el patrimonio, también la responsabilidad en diversas partes donde no exista significado específico, pero en el lapso del tiempo podrían tenerlo.

La carta de Washington (1987), indica estos valores que deben de conservar porque son de carácter histórico, también la población de toda el

área urbana sobre todo los elementos que son materiales, así como son espirituales así determinar su propia imagen en particular:

a. Su forma urbana tiene que ser bien definida por el parcelario y la trama.

b. Su relación que existe entre los diferentes espacios urbanos, edificaciones, espacios libres y verdes.

c. El aspecto de los edificios sobre todo la forma tanto en los interiores sobre todo exteriores, que son definidos a través la estructura, escala ,color , decoración, material y escala.

d. La relación de la población y el área urbana sobre todo el entorno tiene que ser natural o en su ambiente que es creado por el hombre.

e. Las diferentes funciones adquiridas por la población o el área urbana en el curso de la historia.

Del patrimonio Vernáculo Construido (1999), aquí nos indica la conservación de los Patrimonios de Vernáculo que fue construido el cual debe ser manejada por grupos multidisciplinarios y especialistas con criterio de la inevitabilidad en diversos cambios, como la identidad cultural que se ha establecido por una comunidad.

Carta de Atenas (1931), menciona la total restauración de aquellos monumentos antiguos, que son adoptadas por el primero congreso internacional de Arquitectos y también Tecnológicos en los Monumentos

Históricos, cabe mencionar los caracteres y fisionomía de la ciudad, especialmente los que se encuentran cerca a los monumentos históricos donde los cuidados son objetivos de cuidado principal, son considerados como documentos clave, así como reconocerían posteriormente a esta Carta de Venecia, históricamente la Carta de Atenas ha contribuido en los avances de los movimientos internacionales que tiene como objetivo la conservación de los patrimonios culturales

Convenio de Granada (1985), es un convenio cuyo objetivo es salvaguardar los patrimonios arquitectónicos de Europa junto al Convenio de La Valette en 1992, (Convenio Europeo para las protecciones de los patrimonios arqueológicos) también está incluido con los Convenios de Florencia de 2000 (convenio europeo del paisaje), ellos conforman las normativas vigentes de los Consejos Europeos relativa a los Patrimonios Culturales.

Carta de Ámsterdam (1975), esta carta Europea acerca de los Patrimonios Arquitectónicos, estos documentos tuvo como origen al congreso frente a los Patrimonios Arquitectónicos Europeos donde resaltan los conceptos en restauración e las intervenciones mínimas en los excesos de aquellos que venían siguiendo estos criterios de funcionabilidad. En el año (1976) en el Consejo de Europa emiten una resolución que adaptan a un sistema legislativo y los reglamentos hacia este requisito de la conservación de los patrimonios arquitectónicos.

### 2.2.1.1 Consideraciones en las restauraciones

En toda restauración estructural debe seguir las siguientes recomendaciones:

a. Debe llevarse un estudio a detalle para observar los daños que tuvo la edificación antigua para proponer el reforzamiento adecuado.

b. Los reforzamientos tienen un sentido estrictamente de conservación a través del tiempo entre los métodos de reforzamiento hay que tener cuidado los valores históricos y los materiales a ser restaurados, los reforzamientos estructurales deben cumplir el mimetismo con el entorno arquitectónico para que pueda disimular el aspecto original.

### 2.2.1.2 Partes de una restauración

Existen muchas fuentes sobre partes de las restauraciones particularmente se considera los conceptos que se mencionaran a continuación:

**a. La integración:** este método se menciona cuando se introduce un elemento, con sus mismas propiedades, sin tener en cuenta otro elemento.

**b. Liberación:** los límites de la aplicación han tenido variación en el tiempo lo en la actualidad se trata de respetar la estratificación

histórica de la edificación antigua, es decir todos los elementos englobados de su evolución histórico de la edificación antigua.

**c. Consolidación:** es la operación de introducción de elementos nuevos que permite prolongar su vida útil.

### **2.2.1.3 Normas Técnicas**

#### **a. Norma A 140: Bienes Culturales e Inmuebles**

Su objetivo es regular las ejecuciones de diversas obras culturales inmuebles con la finalidad de mejorar e enriquecer los patrimonios inmuebles, la norma proporciona los parámetros en las evaluaciones y revisiones de todo proyecto en los patrimonios culturales.

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

El objetivo principal de esta norma es regular este requisito mínimo para estos materiales en el diseño y en el análisis de la madera, esta norma se aplica en todo tipo de construcciones que tenga que ver con las estructuras de madera y construcciones mixtas.

#### **c. Norma E020: Cargas**

La norma establece los parámetros para el total carga a emplear tanto como su diseño y también las evaluaciones estructurales, los parámetros si están condicionados al mínimo estarán dada la condición de servicios.

**d. Norma E030: Diseños Sismo resistentes**

La norma E030 indica las condiciones que deberá tener para que las edificaciones sean diseñadas y tengan un comportamiento sísmico de acuerdo a su diseño, su objetivo es evitar las pérdidas humanas, así como también asegurando las continuidades de estos servicios y también poder minimizarlos en cuanto a los daños de la estructura.

**e. Norma E080: Adobe**

Está referenciado al adobe, también denominado adobe simple o aquellas unidades para construcciones en albañilería de estos materiales, las características, sus comportamientos y por último los diseños, la norma está dirigida a mejorarlos como son las condiciones de los sistemas constructivos en el adobe.

**f. Otras referencias**

Las normas referidas a la conservación de edificaciones antiguas que es de vital conocimiento del marco legal para los procedimientos constructivos y restauración

Las normas que están dispuestas en documentos emitidos en aquella entidad internacional autorizada, como también el ICOMOS, también el congreso internacional por ejemplo el Reglamento Nacional de Edificación donde estos documentos se utilizan como referencia.

Las normativas y documentos que se conocen a nivel internacional (Torres, 2009)

## **2.2.2 Materiales que son utilizados en edificaciones antiguas**

### **2.2.2.1 Adobe**

Son bloques que son secados a la intemperie que son unidos mediante morteros que formando del mismo material así forman parte del muro y de aquellos monumentos, la técnica más antigua tiene aproximado unos 3000 años, su propiedad mecánica del adobe, tienen bastantes variaciones según el tipo de suelo el cual son fabricados y con cuidado en la realización, adicionando paja también estiércol u otro material orgánico así aglutinar como propósito de poder disminuir las contracciones de los materiales y tiene como finalidad mejorar la resistencia a la intemperie, la resistencia a compresión varía entre los 5 y 20  $kg/cm^2$  y resistencia a tracción 0.25 y 1  $kg/cm^2$  (Torres, 2009).

#### **La fabricación del adobe:**

La tierra es colocada y cernida con agua, para que posteriormente se haga una combinación homogénea que llegue a aglutinarse de un día al otro, al día siguiente se le agrega la paja entera, posteriormente se pisa y se remueve con el barro para que pueda tener una mezcla homogénea y se deja unos días mas

En el terreno seleccionado se coloca una capa fina de arena con el fin de evitar que estos elementos se peguen entre sí, el molde de madera es sumergido en agua toda la noche.

Cuando llega al tiempo límite se procede a realizar en un molde los adobes tratando de comprimir con fuerza en los moldes de madera, con los pies. Y regulando con una regla para alisar la superficie del adobe con la paja, esto para evitar el agrietamiento al momento de secar. Los adobes son alineados en filas y columnas que se dejan secar un tiempo de 5 días, los cuales tendrán que ser volteados y también apoyados uno sobre uno, después de los 15 días se deberá voltear nuevamente, ya esta vez haciendo parar en forma vertical sobre unos de los lados más cortos.

A continuación, se debe secar durante 30 días aproximados al sol porque es recomendable ser secado en época donde se tenga a favor el sol

Ya pasado el periodo puede ser almacenado bajo las condiciones adecuadas para que sea empleado en la construcción (Samanez, 1993)

#### **2.2.2.2 La Piedra**

Se le denomina al material rígido y que es empleado en la construcción de mampostería, constituye un material estructuralmente monolítico ya sea en bloque individual o también por aquellas piedras que son labradas que posteriormente son escuadradas superpuestas, tenemos como ejemplo los metros de algo y también ancho, siendo utilizada en la lógica de sus propiedades

y características de la durabilidad, su trabajabilidad para darle forma adecuada (Bonett, 2003)

tabla 1. *Propiedad de mampostería en piedra.*

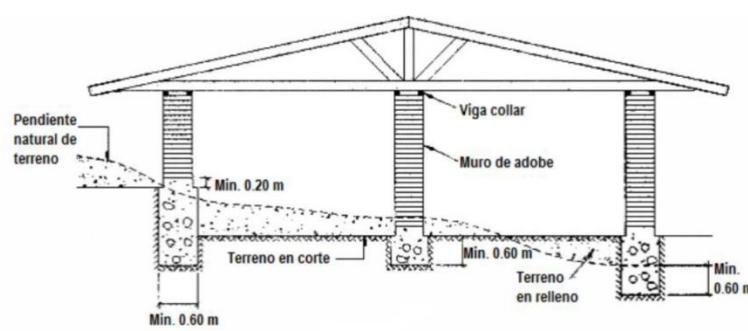
material	resistencia a la compresion $kg / cm^2$	peso especifico $tn / m^3$	modulo de elasticidad $kg / cm^2$	coeficiente de poisson
mamposteria de piedra	12.9	2	8150	0.2

*Fuente: Adaptada de Fonseca (2012)*

### 2.2.2.3 Cimentación

Una de las partes más fundamentales de las edificaciones son las cimentaciones, porque ayuda que las edificaciones se apoyen firme al suelo, otra definición es el contorno del piso de la edificación, las paredes gruesas también llamadas cimentaciones móviles son utilizada como cimentaciones, también sirven como elementos para soporte de las estructuras (Meli, 1998).

*figura 1. Esquema del sistema estructural de la cimentación*



*Fuente: (Norma Técnica E-080 adobe)*

#### **2.2.2.4 Muros**

En las estructuras de las casona consta de con muros gruesos hechos de mampostería, las pocas aberturas, también es de estructura simple con la decoración exquisita arquitectónica, todos estos componentes efectivos así soportar la carga axial, no obstante, la capacidad de soportar las fuerzas perpendiculares en su propio plano ya que es menor frente a aquellas fuerzas perpendiculares (García, 2007).

Mencionamos que estos contrafuertes ayudan a solucionar a la estructura que ayude a estos muros a poder resistir los empujes laterales.

#### **2.2.2.5 Techos**

Las consideraciones la Norma Técnica E-0.80 estos techos deben tener estas consideraciones:

- a. Lo recomendable es que los techos sean ligeros, de esta manera hará más eficaz la carga a los muros, de esta manera distribuyendo la carga uniforme a los muros, se debe tomar en cuenta que se debe evitar la concentración de las cargas en un solo punto de los muros, se debe considerar también que se deben fijar mejor a la viga solera para estabilidad.
- b. Los techos tienen que tener los estándares de diseño para evitar que en los muros exista empujes laterales que provenga de las cargas gravitacionales.

c. Los techos ligeros pueden ser también considerados como diafragmas rígidos y por este motivo distribuyen las fuerzas horizontales del sismo en las zonas de influencia en los muros longitudinales.

d. El uso de los tijerales en la estructura de los techos debe generar la estabilidad lateral del techo

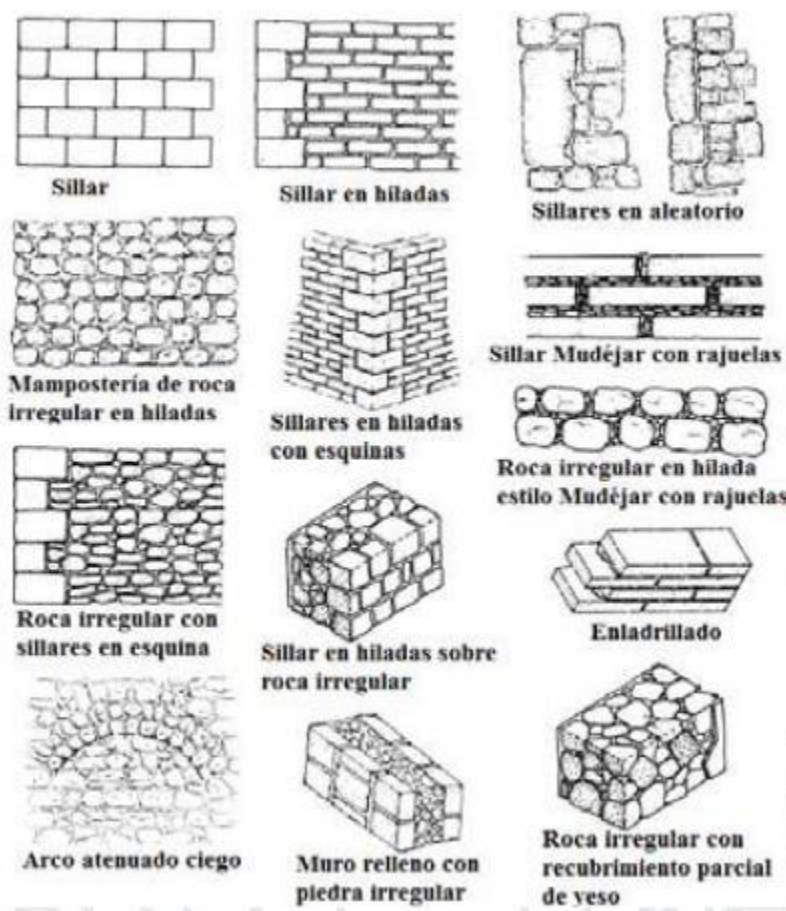
e. En la construcción de los techos se deberá tener en cuenta la pendiente, también el detalle de la permeabilidad, el aislamiento térmico y las longitudes que deberán tener los aleros de acuerdo en la zona donde se construyan.

#### **2.2.2.6 Mampostería**

El interés que se tuvo por saber las propiedades físicas y mecánicas de la mampostería es derivada por la necesidad de construir en las edificaciones religiosas y históricas, también es considerado la madera en el uso materiales de construcción, según aquellas consideraciones para perforaciones se dividen en 2 partes como son Irregulares regulares, también pueden ser ambos (Fraser, 2007)

Se tiene como referencia a las construcciones que hubo antiguamente y que existen en la actualidad, la utilización de este material se debió a los problemas que tuvieron con el medio ambiente, también con el motivo de rendir sus tributos hacia los dioses (Drysdale, et, 1994).

*figura 2. Variedad de tipos de mampostería utilizados en las constricciones de las iglesias.*



*Fuente: Diferentes tipos de mampostería utilizadas en las iglesias (Meli, 1998)*

Menciona que esta mampostería las piezas son cuadradas y la junta de mortero que tiene que ser delgada y uniforme, estos tienden a tener y desarrollar diversas características muy buenas de resistencia de la piedra (Meli, 1998).

El autor propone se estas propiedades mecánicas y las de resistencia se realizan de los materiales cuando son extraídos de

sus propias canteras, con el paso del tiempo los materiales en parte quizás fueron cambiando por ese motivo es necesario hacer prueba de laboratorio de algunos materiales para saber sus propiedades y sus peculiaridades características de su resistencia, puesto que alguno de sus características pudiera cambiar, en este caso también se pueden dar promedios a las propiedades que estas se ajusten a propiedades mecánicas y físicas de acuerdo a su material y la mampostería de este parámetro de comportamientos no lineales que tiene que ajustarse, así estos resultados se aproximen lo más parecido posible a la realidad (Chávez, 2010).

tabla 2. *Propiedades mecánicas de la mampostería*

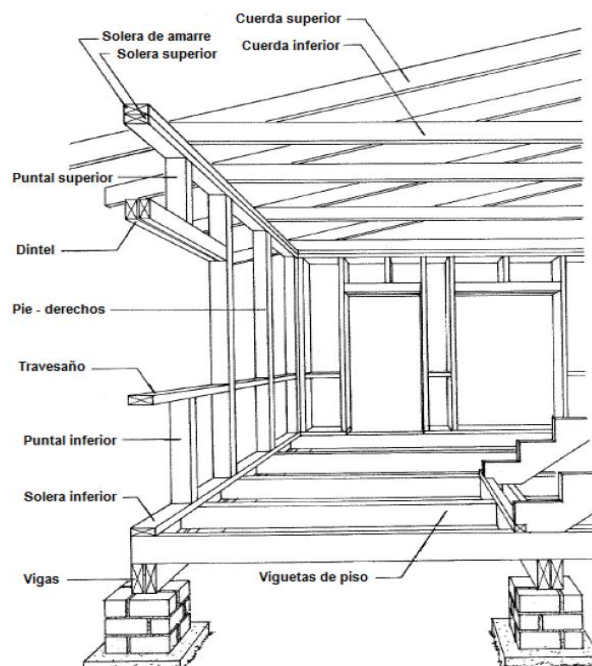
Propiedades mecánicas de algunos tipos de mampostería de Edificios Históricos				
Material	Peso volumétrico $tn / m^3$	Resistencia a compresión $kg / cm^2$	Resistencia a cortante $kg / cm^2$	Módulo de elasticidad $kg / cm^2$
Adobe	1.8	12 mínimo	0.5	3,000
Bloques de petate con mortero y cal	1.8	5 a 10	0.5	5,000
Ladrillo con mortero de lodo	1.6	5 a 10	1	5,000
Ladrillo con mortero de cal	1.6	15 a 20	2	10,000
Mampostería de piedra irregular con mortero de cal	2	10 a 15	0.5	5,000
Mampostería de piedra de buena calidad	2	30	2	20,000

*Fuente: (Meli, 1998)*

### 2.2.2.7 Madera

La madera es uno de los recursos que son renovables que ha servido de innumerables usos como la construcción, es un material que tiene excelente característica estructural, se empleó en construcción desde tiempos antiguos fue común, en las épocas antiguas las primeras los refugios que se construían fueron principalmente con ramas, troncos, troncos de plantas, las diferencias a lo largo del tiempo en las culturas este material al combinarse con otros materiales, como por ejemplo las piedras, los ladrillos, la mampostería y el adobe, siendo este un material que otorga una función constructiva muy eficiente (Enriquez, 2014)

*figura 3. Procedimiento de construcción con madera*



*Fuente: (Junac, PR, 1984)*

Las maderas por naturaleza son materiales biológicos y sirve para construcciones variadas, no obstante, se tienen las pautas que son permanentes y también consecuentes de formación, que son visibles así asegura las estructuras y las propiedades. (Junac, PR, 1984)

#### **2.2.2.8 Bóveda de lunetos**

Las bóvedas de luneto generan intersecciones principales con dos o más bóvedas de tipo cañón de igual dimensión, las bóvedas estas tienen alturas desde un plano de arranque hacia el punto más elevado, esta es mejor a la distancia que tiene como apoyo de estribos generalmente, estas bóvedas se encuentran en las cubiertas de las naves principales (Guevara, 1993)

*figura 4. Bóveda de lunas en sus formas de transmitir cargas.*



*Fuente: (Guevara, 1993)*

### **2.2.3 Criterios para la evaluación y diagnóstico estructural de una edificación antigua.**

Para la intervención de una edificación antigua se recomienda realizarlo de acuerdo al siguiente procedimiento.

a. Realizar el análisis de los valores, de la edificación. Los cuales pueden ser de identidades sociales, espirituales, económicas, artísticas. etc.

b. Realizar los análisis de los sistemas estructurales. Además del estudio de reparaciones y alteraciones que se hicieron con el transcurrir del tiempo.

c. Realizar una identificación detallada de las patologías.

d. Realizar la revisión correspondiente a las causas del deterioro.

e. Realizar la identificación de los usos actuales y potenciales del edificio.

f. Realizar el planteamiento de técnicas que permitan elevar los valores a resistencia a tensión sin llegar a alterar su dinámica de este tipo de sistema estructural.

g. Plantear soluciones de acuerdo a la necesidad con respecto a lo técnico y económico.

h. El mejor planteamiento de solución es la mínima necesaria para que la estructura resista a un riesgo aceptable.

### **2.2.4 Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos**

#### **a. Observación directa**

Es el contacto directo que tiene el investigador con el objeto de estudio, esta nos permite obtener una información más confiable, usando los procedimientos sistematizados y controlados (Fidias, 2006).

### **b. Instrumentos**

Previo al reconocimiento de la construcción de una herramienta, es necesario conocer así poder manipular esta herramienta o para poder realizar los metrados, estos estudios incluyen los detalles generales de la experiencia de conceptos que se tienen que comprender hasta ahora, los conceptos están determinados completamente y el conocimiento es parcialmente expuesto (Supo, 2013)

### **c. Confiabilidad**

Sirve para poder medir el instrumento que tan confiable es en cuanto a su medición el cual estas no tienen variaciones de manera significativa con el tiempo lo cual estas son aplicadas por diferentes personas.

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

En la evaluación estructural se considerará globalmente el edificio histórico construido de mampostería, adobe y madera no restringida, no reforzada, hay que tomar en cuenta los tipos de daños que tiene la estructura de estas dependen los esfuerzos que están soportando y la capacidad de resistirlo, es importante comprender las condiciones de impacto en elementos estructurales para poder ver el tipo de soporte sobre todo el efecto de carga y la forma en que estos transmiten las fuerzas a través de cada elemento.

## **2.2.5 Fallas de construcción en los adobes**

### **2.2.5.1 Muros de mampostería**

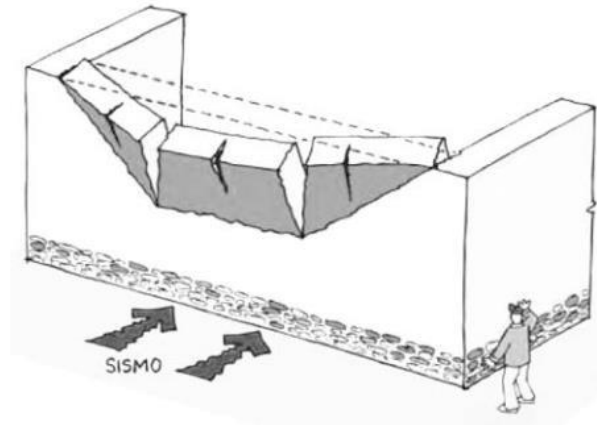
#### **a. Grietas horizontales**

Las consideraciones de este tipo de efectos en la cortante se producen por fisuras oblicuas en este caso son por compresión y tensión, este tipo de fallas ocurren en la diagonal de la pieza sobre todo a lo largo del recorrido de la pieza siempre en cuando existan aberturas o grietas en las esquinas de las paredes ya sea por cizallamiento o por flexión ya que estas trabajan juntos cuando se origina un sismo ya que estas se originan en dos sentidos en la edificación antigua, en cuanto a los muros de mampostería estas cuentan con restricciones por los elementos estructurales como pueden ser columnas que estas pueden producir diversas fallas ya sea a compresión en las esquinas ya que estos originan mecanismos de fallas por agrietamiento ya que estas en su mayoría se presentan en edificaciones antiguas como los siguientes.

#### **Tipo I**

Las fallas que se originan por flexión de forma perpendicular a en la pared, este tipo de grietas son horizontales en alturas inferiores o de media sobre todo las grietas verticales constituyen un mecanismo de falla ya que estas son muy frecuentes a lo largo de secciones transversales.

*figura 5. El mecanismo de falla tipo I*

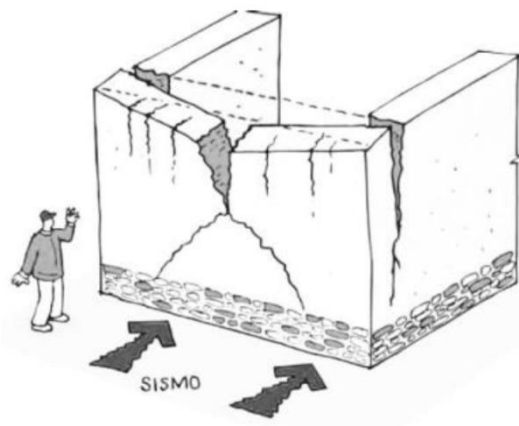


*Fuente: (Forec, 2005)*

## **Tipo II**

Mencionamos que los daños originados por flexión en un plano ya sea perpendicular en las paredes estas tienden a grietarse verticalmente, esto es principalmente por aquella barra de acero sobre todo en sus restricciones, puesto que aquí se forman todas las grietas ya sean oblicuas en el mecanismo de falla superior.

*figura 6. Mecanismo de falla tipo II*

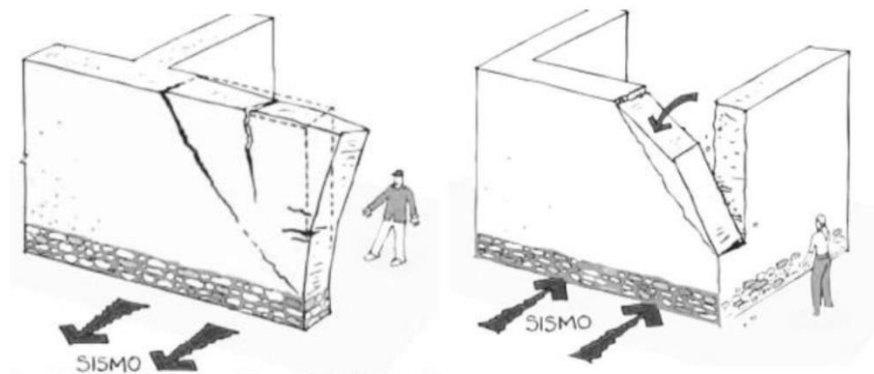


*Fuente: (Forec, 2005)*

### Tipo III

Este tipo de fallas es causado al llegar a doblarse de forma perpendicular en los planos ya sea en las esquinas donde se encuentran los muros o como se menciona en las esquinas, ya que estas no están conectadas en los muros transversalmente que los limita en los ejes "X" e "Y"

*figura 7. Mecanismo de falla tipo III-a y III-b*

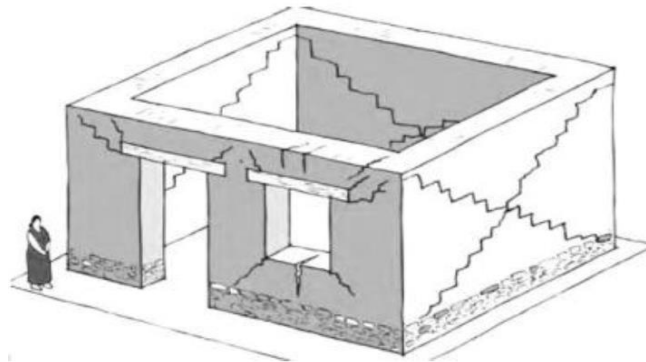


*Fuente: (Forec, 2005)*

### Tipo IV

Este tipo de falla es por su cortante en el plano de dicha pared que es asociada en los niveles muy altos de empuje, en muchas ocasiones, estas fisuras tienen relación con entrepisos y también techos con mucho peso y sobrecargados estas llegan a agrandarse ya sea en las puertas y finalmente con las ventanas y también en la pared.

figura 8. Mecanismo de falla tipo IV

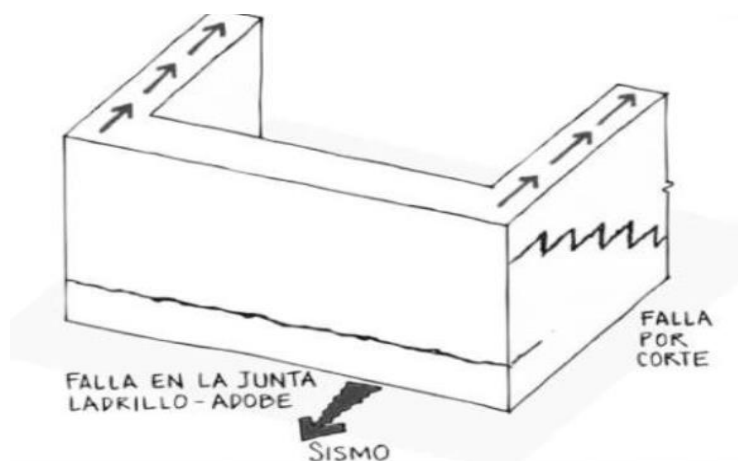


Fuente: (Forec, 2005)

### Tipo V

Estas tienen la combinación entre 2 o más mecanismos mencionados anteriormente.

figura 9. Mecanismo de falla tipo V

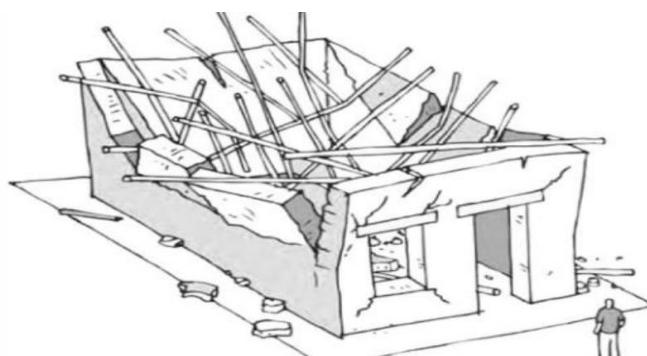


Fuente: (Forec, 2005)

## Tipo VI

Aquí podemos observar que el techo esta derrumbado de esta vivienda esto es por acción del soporte que en su totalidad en las paredes es también relacionado a cualquier tipo de defecto en los tipos I y V en paredes.

*figura 10. Mecanismo de falla tipo VI*



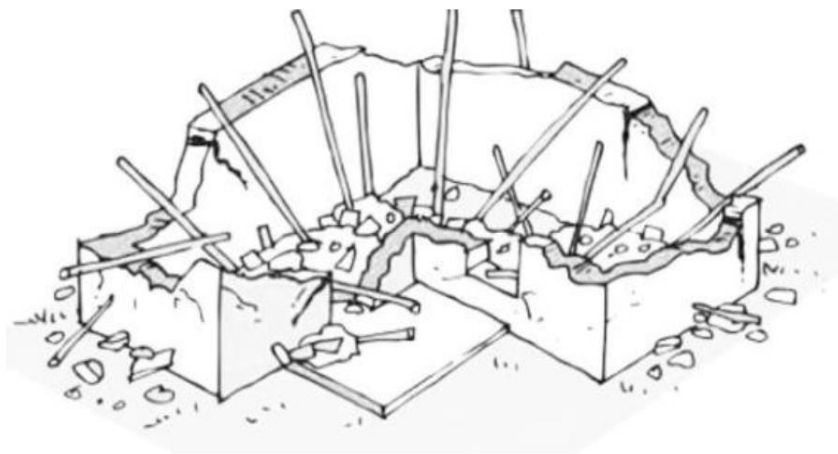
Fuente: (Forec, 2005)

## Tipo VII

Aquí los techos generalmente fallan esto debido a una falta de soporte adecuado o también debido a esta con un tipo de estructura deficiente, generalmente estos techos fallan hacia el interior de la estructura, de esta manera destruyéndola, la parte superior del muro de la carga.

Este tipo de falla es más frecuente en los edificio con la estructura de techo mas pesado, desde el diseño estructural irrazonable o daños severos debido a agentes naturales como la infestación de insectos o cambios de temperatura con humedad.

*figura 11. Mecanismo de falla tipo VII*



*Fuente: (Forec, 2005)*

## **2.2.6 Fallas en la madera**

Las estructuras de madera tienen daños estructurales principalmente por los ataques biológicos como los insectos, descomposición y hongos, los pisos hechos de madera se pueden identificar fallas de corte de flexión por los defectos, las grietas causadas por el secado de madera, la disminución de las secciones transversales los ataques biológicos mencionados, por la carga provocados por las fallas cortantes en los extremos (Ilharco et, 2008)

### **2.2.6.1 Deformaciones causadas por el efecto de la madera húmeda**

Esto va a depender bastante de los contenidos de humedad de la madera, esto hace que las deformaciones que le ocurre pueden variar, los causantes de las deformaciones es el agua el mismo

componente que puede ganar o también perder, es necesario tener que limitar la estabilidad de aquellos componentes es recomendable utilizar al 12% de CH, esto es para asegurar los componentes no sean deformados de manera exagerada y así no afectara la resistencia de todo el componente estructural (Enriquez, 2014)

### **2.2.7 Como identificar las patologías**

Podemos definir la patología estructural como el encuentro de existencias o también evidencias de las fallas o el comportamiento muy irregular de la edificación, no se generaliza la continuidad y seguridad de la edificación, se ha encontrado 3 conceptos importantes para el control de la patología estructural. Estas son:

- a. La determinación de lo que está mal es decir la enfermedad
- b. Indagar o investigar los causantes del comportamiento atípico (realizar una evaluación)
- c. Proponer un tratamiento

Esto con el objetivo de asegurar que la edificación pueda estar en óptimas condiciones de seguridad y a la vez de confort que son vitales para la estructura, para realizar los estudios patológicos se determinaron la patología de la estructura que existe de la edificación antigua.

## 2.2.8 Procesos patológicos

### 2.2.8.1 Deformación y ruptura

Existen muchos procesos patológicos que surgen efectos de tipo mecánico en paredes, se debe comprender a los tipos de elementos también a los subsistemas arquitectónicos, en bajas tensiones estas tienden a deformarse hasta que logran llegar a su propio límite de resistencia para finalmente romperse por mencionar estos tienen ciclos elásticos más largos por eso sufren alargaciones de forma reversibles o permanentes esto antes de que se rompan, se tratan de materiales que son exageradamente duros con ciclos elásticos y plásticos cortos y casi nulos, estos se volverán instantáneamente frágil, en resumen, mencionamos los agentes patógenos a continuación:

- a. Hacer la evaluación de forma correcta de las cargas que son aplicadas.
- b. La resistencia insuficiente, de los materiales que soportan (del suelo de cimentación o de la mampostería).
- c. Las deformaciones excesivas del mortero que son utilizados.
- d. La altura y la longitud son excesivamente delgadas.
- e. La excentricidad referida a la carga puntual en las paredes esto es mayor a la resistencia del material.
- f. Existe una carencia en el bloque de paredes de intersecciones y las esquinas estas cuando se tienen a encuentran.

g. La estructura cuando es excesivamente deformada tiende a ser muy flexible y transfiere las tensiones a la mampostería.

h. La mejora de los tableros porque esto ayuda a absorber y transmitir estas fuerzas horizontales como tales.

i. Finalmente, asentamientos diferenciales.

### **2.2.8.2 Las patologías de origen mecánico**

#### **a. Deformaciones**

##### **Los desplomes**

Cuando se afloja algo es hacer perder su verticalidad, el proceso de este daño se determina con la detección de las tensiones que son a tracción por el lado opuesto a la pared donde debería colapsa, así la forma del revestimiento será estirado provocando más tensiones a tracción vertical en la mampostería a esto se le denominó las grietas horizontales (Zani, 2008)

#### **b. Las roturas**

##### **Las grietas y las fisuras**

Las fisuras se pueden definir como cualquier fragmento que es generado en elementos estructurales, separándolo en 2 o en varias partes, hablando de fisuras son generados también en elementos denominados no estructurales, normalmente son de menor espesor, están divididos en 2 o varias partes, esto quiere decir la fisura apareciera en revestimientos o yeso, puede prosperar, tiene que

verificar que la mampostería propia en si esta con grietas, a través de los estudios, podemos determinar la causa de este proceso patológico.

A través de los estudios se puede obtener la información a momento de poder diagnosticar las causas de sus patologías.

Mencionamos a los elementos estructurales, se tienen a las fisuras aparecen debido a que la deformación, dobla dicho elemento exteriormente de su plano, pueden verse en la superficie, estas causan daños a la capa que se ubica superficialmente cuando mencionarlos es completamente diferente a los muros lo que cabe mencionar que es en los enlucidos (Zani, 2008)

### **2.2.9 Método para el análisis estructural**

Tenemos una variedad de técnicas para la evaluación estructural de topo tipo de edificaciones antiguas, con las herramientas de calculo que existe actualmente son más eficientes estudiar las estructuras más complejas, a partir de un modelo numérico, esta que pueda simular a la estructura que por su complejidad no es sencilla, primero se tiene que hallar el elemento estructural y los detalles posteriormente se define las peculiaridades en cuanto a su forma del sistema.

Cabe mencionar que el análisis estructural se afirma es un proceso denominado sistemático, porque la función es comprender las características de las cargas, esto con el fin de realizar el análisis estructural para poder

predecir los comportamientos en diferentes acciones para poder determinar sus capacidades de respuesta.

### **2.2.9.1 Tipo de análisis**

#### **a. Análisis dinámico**

En análisis es caracterizada por el tipo de carga que se aplica y cambia con paso del tiempo, requiere la participación de las fuerzas inerciales para poder llegar a las conclusiones de la estructura, no obstante, en las edificaciones antiguas debemos tomar importancia a los análisis dinámicos, en caso de que estén conectadas a frecuencias muy altas, como por ejemplo el tráfico, también los equipos de tipo vibratorios (Aguilar, 2012)

#### **b. Análisis lineal**

Se menciona el valor en la deformación en los materiales son de tipo proporcional a las tensiones que son aplicadas, en cambio del lugar que es proporcional al tiempo para aplicarse la carga para tener que tener el valor, podemos decir que este comportamiento es lineal, el método elástico es aquello que reconoce que el materiales tiene comportamiento lineal eso respecto a tipos de refuerzos de compresión y tensión, esto quiere manifestar el sentido en deformaciones más internas tienen a aumentar en proporción de la carga que esta aplicada en estas deformaciones se detendrán

cuando la carga sea detenido, hoy en presente se utiliza, elementos finitos como método (Aguilar, 2012)

### **c. Análisis no lineal**

Se dice que un análisis es no lineal en el valor de su deformación no tiene que ser proporcional al tipo de esfuerzo, esta genera el tipo de comportamiento se dice que es (no lineal), porque es complicado el cálculo porque sus funciones es de una o también adiciona más variables, la estructura misma interna en el material, también la aplicación del aumento de duracion, geometría en el componente y carga (Torres, 2009)

#### **2.2.9.2 Método de análisis**

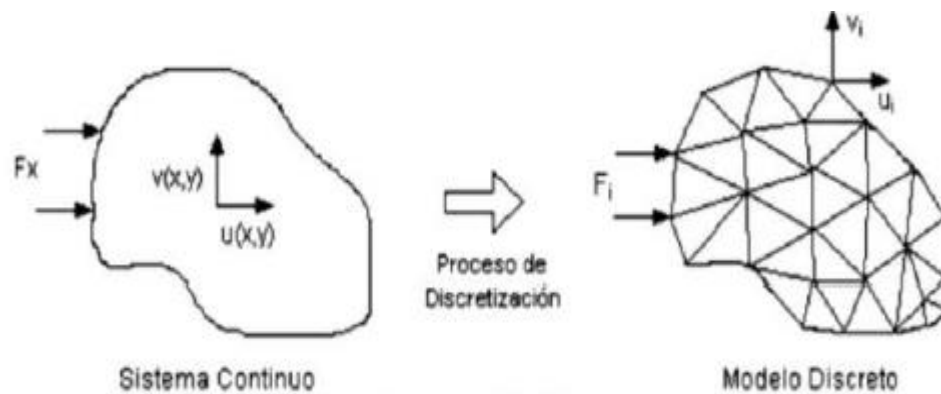
La preservación y también la restauración en monumentos antiguos, los criterios dominantes son los usos de intervenciones que son dadas en la experiencia también en la intuición, los dos conceptos busca cobrar respaldo en el resultado de análisis más representativo en la estructura evaluada, también los resultados en la investigación denominada experimental, los análisis complejos y los problemas de cálculos llevaron a la aparición de innumerables métodos de para solucionar los problemas especiales, a continuación mencionaremos el resumen de los elementos finitos y estas son:

#### **a. Elementos finitos**

Los análisis estructurales tienen como fin el determinar la tensión y la deformación situada en la estructura también por supuesto en los elementos, ya existen ecuaciones que detallan soluciones a los problemas esta es  $\sigma = My / I$ , esta lo define como la tensión situada en la sección de aquel elemento susceptible a doblarse.

La persuasión de este método denominado elementos finitos es el de dividir un grupo de pequeñas unidades que están interconectadas en series de puntos llamadas también nodos, estas ecuaciones son propias y también controlan los comportamientos es decir se controlarían aquellos comportamientos del denominado elementos finitos.

*figura 12. El esquema de desratización*



*Fuente: (Carnero, 2010)*

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Reforzamiento estructural**

Es el comportamiento esencial para las verificaciones de los efectos de los sismos, cambios de uso la modificación de la estructura, de los daños (Sika, 2017)

### **2.3.2 Comportamiento estructural**

Son estudios de las variaciones de la estructura frente a las acciones externas también por acciones de su propia existencia, este tipo de acciones crean movimientos de cargas, como las denominadas tracciones y compresiones, el traslado de cargas que generan las flexiones en la estructura (Jaime, c, 1982)

### **2.3.3 Patología**

Es el estudio sistemático de los procesos y también de las características de enfermedades, daños, defectos que sufre la estructura. Son las partes de la durabilidad con signos de deterioro, las posibles causas se determinan por diagnósticos que se hacen a las estructuras (Rivva, 2006)

### **2.3.4 Deterioro**

Son los cambios adversos de los mecanismos normales, de las propiedades físicas o químicas también ambas en la parte superior o en el inferior de los elementos generalmente a través de las separaciones de los componentes. (Mirian M, 2021)

### **2.3.5 Propuesta metodológica**

Mencionamos a la una propuesta como una serie de mecanismos de carácter racional son utilizados para lograr los objetivos de la investigación.

La metodología este criterio requiere de un análisis teórico y sistemático de diferentes procedimientos que son aplicados en un campo de investigación. (Mirian M, 2021)

### **2.3.6 Análisis estructural**

Se menciona que se tiene que utilizar las ecuaciones de la resistencia, esta con el objetivo de que se pueda hallar deformaciones y los factores de tensión los cuales tienen que ver directamente con la afectación de la resistencia de la estructura (Hibbeler, 2010)

### **2.3.7 Adobe**

Se denomina adobe a la tierra seca, también es denominada la unidad de albañilería totalmente tradicional, está elaborada con tierra, también arena y finalmente con paja, utilizada en construcciones de muros de adobe (Samaez, 1983)

### **2.3.8 Teja**

Se le denomina teja a la junta de arcilla, la mezcla de arena en proporción, tiene una forma arqueada que es de acuerdo al molde de diseño.

### **2.3.9 Piedra**

Son los componentes más comunes que se han empleado en la construcción de mampostería, la piedra es un material monolítico solo o también en bloques labradas que cuenta con dimensiones (Bonett, 2003)

### **2.3.10 Mortero**

El mortero de cal es una mezcla de barro con pegajosidad, su durabilidad es la degradación que se da ante la intemperie que son utilizados para la junta y relleno, existe también el mortero de cal y arena, son mucho más durables de acuerdo a sus propiedades químicas y físicas (Caballero & Samayoa, 2010)

### **2.3.11 La mampostería**

Son la unión de mortero de barro, cal y arena con ciertas propiedades, es de un material denominado heterogéneo lo que significa que en unidades también en articulaciones pueden ser los tipos de ladrillos bloques iguales o también adobes, piedras con formas irregulares entre otros (Lourenco, 2006).

### **2.3.12 Muro**

Se le denomina muro a la pared gruesa, u similares a otra construcción que limita su parámetro

### **2.3.13 Madera**

Se dice que es un material anisotrópico, tiene una elasticidad según su dirección de deformación principalmente se encuentra en un tronco de árbol, están compuesto por anillos concéntricos.

### III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Hipótesis

##### 3.1.1 Hipótesis general

La evaluación y diagnóstico, permitirá plantear la propuesta de reforzamiento estructural en la casona de Patibamba, distrito, provincia de Abancay, Apurímac – 2022.

##### 3.1.2 Hipótesis específicas

a. Con los ensayos de laboratorio es posible determinar las características físicas y mecánicas de los materiales constituyentes de la Casona de Patibamba.

b. Con un eficiente análisis estructural adecuado se obtendrán las fuerzas, los esfuerzos y también los desplazamientos de los elementos estructurales, se podrá identificar las áreas vulnerables de la Casona de Patibamba.

c. Planteando el reforzamiento estructural con geomallas, se obtendrá una solución óptima para su restauración de la Casona de Patibamba.

### **3.2 Método**

La presente investigación es de denominación analítica, busca definir el estado en la Casona de Patibamba.

Quispe (2017), El análisis es cuantitativa, por que busca la situación de la estructura, es decir el diagnóstico y también la evaluación estructural, el análisis es cuantitativo que es basado en los estudios analíticos

### **3.3 Tipo de investigación**

La investigación tiene las peculiaridades por lo cual se denomina de tipo aplicativo, Fernández y Baptista (2010), este tipo de estudio trata de conocer, para después actuar, construir y modificar, esto en situación de problemas en hechos prácticos, la información que es obtenida por el medio de la investigación puede ser aplicable es decir en varios lugares, también ofrece muchas oportunidades que servirá en la discusión.

### **3.4 Nivel o alcance de investigación**

La investigación esta denominado como descriptivo. Para Fernández y Baptista (2010), aquí busca especificar aquellas propiedades y también características como el perfil de personas, procesos, objetos o todo tipo de fenómenos que se someta a un tipo de análisis, se procede a medir y también recoger la información de una manera independiente y también conjunta sobre los

conceptos de las variables a las que se refieren, como objetivo no es indicar su relación entre estas.

### 3.5 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental con un enfoque cuantitativo, Fernández y Baptista (2010), afirmamos que la presente investigación es realizada sin manipular deliberadamente las variables, se trata de estudios lo que se hace variar intencionalmente aquellas variables dependientes, se hace durante la investigación denominado no experimental observar los fenómenos es decir cómo se deben dar en contexto natural.

### 3.6 Operacionalización de variables

#### 3.6.1 Variable independiente

**Y/D:** Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural.

**Descripción.** La evaluación estructural servirá para ver las patologías de la estructura en base a ese resultado proponer alternativas de solución de acuerdo al diagnóstico realizado.

#### 3.6.2 Variable dependiente

**Y/D:** Casona de Patibamba

**Diseño.** Con resultados de las evaluaciones se propondrá alternativas para el reforzamiento en el caso este con el fin de recuperar las estructuras que están dañadas para poder preservarlo a lo largo del tiempo.

#### 3.6.3 Cuadro de operacionalización de variables

tabla 3. *Operacionalización de variables*

Tipo de Variable	Variables	Dimensión	Indicador	Unidad
<b>Independiente</b>	Evaluación y propuesta de reforzamiento estructural o estructural	El tipo de material a usarse en los elementos de	Contrafuertes Muros de adobe Muros de mampostería cubiertas	<i>und</i> <i>m</i> <sup>2</sup> <i>m</i> <sup>2</sup> <i>m</i> <sup>2</sup>
		la propuesta de reforzamiento estructural	Fuerzas y sollicitaciones esfuerzos	<i>kg/cm</i> <sup>2</sup>
		Diseño y análisis estructural	Desplazamientos	<i>cm</i>
		Estudio de mecánica de suelos, (propiedades físicas)	Análisis granulométrico	<i>gr</i> %
		Casona de Patibamba	Contenido de humedad	%
		-Propiedades mecánicas (de	Limite líquido y plástico	-
<b>Dependiente</b>			Gravedad específica	<i>kg/m</i> <sup>3</sup>

la	Clasificación de suelos
mampostería,	Densidad de masa
adobe y	
madera	

---

*Fuente: elaboración propia*

### **3.7 Población y muestreo**

#### **3.7.1 Población**

Se denomina población a conjuntos de elementos y las características más comunes que son el objeto del análisis, son conjuntos de personas y/o objetos que se desea llegar a conocer, en la investigación (Hernández, Fernández & Baptista, 2010)

La investigación actual la población está conformada por la casona de Patibamba que será evaluado para que sea reforzado.

#### **3.7.2 Muestra y muestreo**

##### **Muestra**

La muestra optima se puede definir que es aquella con por su tamaño y por su naturaleza estas dos permiten tomar resultados aproximados con un patrón de la población (Fidias, 2006)

La investigación da a conocer que está conformado por bloques de la Casona de Patibamba en Abancay.

##### **Muestreo**

La muestra no probabilística, en la técnica de muestreo es más de carácter propio del investigador quien decide cómo se seleccionará y también describe cómo lo utilizará (Antuna, 2015).

En la presente investigación se encuentra con el muestreo denominado no probabilístico, hecho a conveniencia por los investigadores.

### **3.8 Técnicas e instrumentos**

#### **3.8.1 Técnicas**

Es el contacto directo que tiene el investigador y el objeto que es del estudio que permite tener información de una manera eficiente, se hace con una metodología sistematizada, también confiable (Fidias, 2006)

La investigación se aplicó la metodología denominada observación directa, concentrar toda la información que tendrá aplicación en el cálculo matemático de la estructura.

#### **3.8.2 Instrumentos**

Primero al identificar la construcción actual, una herramienta, esta se tiene que considerar si se tiene planeado manipular herramientas con conocimiento teórico previo, incluye la aplicación de conocimientos la experiencia de la teoría que se tiene, el momento, este concepto es determinado por conocimiento posteriormente es parcialmente expuesto (supo, 2013).

La investigación se determinará mediante un documento de recopilación en mención de información.

### **3.9 Consideraciones éticas**

La tesis esta desarrollado en el marco del reglamento del comité de ética del investigador escrito en la Universidad Tecnológica de los Andes, que tiene como objetivo de priorizar la vida, salud, el bienestar con personas y los seres vivos, involucrados en las investigaciones, en fe a las normativas nacionales e internacionales, la investigación tiene consideraciones éticas:

- Honestidad, solidaridad con la mayor transparencia en el proceso de investigación.
- El respeto a la dignidad humana, libertad, la identidad, la confidencialidad, privacidad de aquellas personas involucradas durante el camino.
- Considerar mecanismos adecuados para la protección, para que garanticen el derecho y bienestar de lo involucrado en la investigación.
- Compartir los conocimientos y experiencias con la Universidad.
- Cuidar la información y no utilizarlo con fines de lucro personal.

### **3.10 Procesamientos estadísticos**

El procesamiento estadístico no se realizará, debido a que es una investigación no probabilística.

## IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

#### 4.1.1 A nivel de la variable independiente (X/I)

##### 4.1.1.1 Ubicación

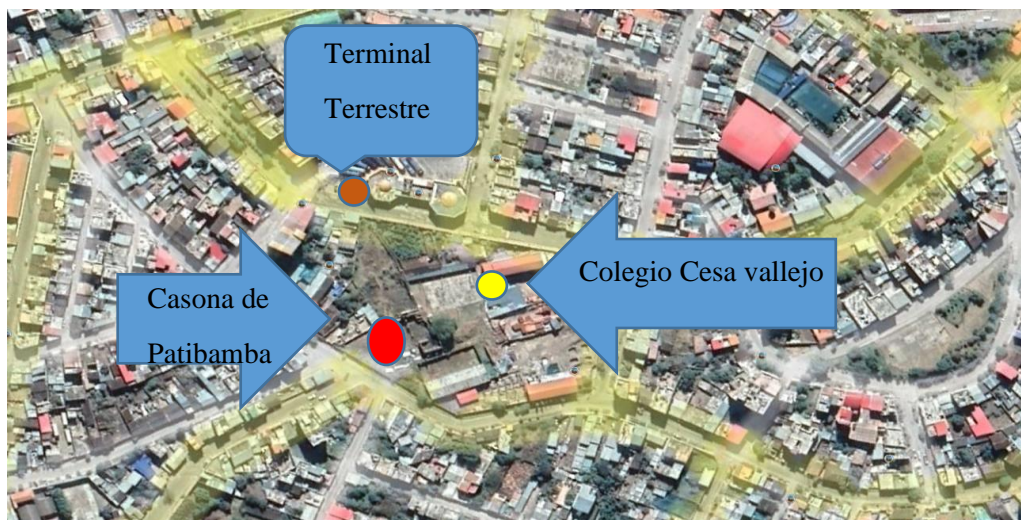
La casona de Patibamba, está ubicada por el terminal terrestre de Abancay, forma parte del ambiente urbano en las avenidas Pachacútec con la Av. Manco Inca y Av. Circunvalación.

La Casona Patibamba se encuentra cerca a la edificación del Colegio Cesar Vallejo (CV), que actualmente viene funcionando al costado de la edificación antigua y está a cargo del Ministerio de Cultura (MINCUL), Abancay.

La Casona Patibamba se encuentra en las coordenadas UTM:

- Este: 728720.86
- Norte: 8491084.67

*figura 13. Ubicación de la casona Patibamba*



*Fuente: Imagen referencial de Google Earth*

#### **4.1.1.2 Descripción de la construcción de la Casona de Patibamba**

##### **a. Cobertura**

###### **Ambientes de adobe**

Forma parte de las coberturas las vigas además los tijerales en base de madera los cuales construyeron en el par y nudillos, que está cubierto con teja, enchaclado de mague cubierto con torta de barro.

###### **Ambiente construido con mampostería**

El ambiente del campanario internamente es de tipo abovedado, la parte externa la cima del techo es de forma terraza, el trapiche consta de tijerales de madera con calamina.

##### **b. Muros**

### **Muros en adobe**

Los muros de adobe cuentan con dimensiones ancho entre 1.00 m a 1.20 m. la altura es variable depende de los ambientes y los bloques.

### **Muros de mampostería**

Los muros de mampostería tienen un ancho de 0.60 m. la altura varía de acuerdo al ambiente y la topografía del terreno.

#### **4.1.1.3 Tipología Arquitectónica**

Esta información fue obtenida por dibujos del Instituto Nacional de Cultura (INC) del informe de intervención para conservación y restauración de la Casona de Patibamba, también por elaboración propia según lugar y estudios.

La Casona de Patibamba con fecha 23 de julio del año 1980. Fue declarada como monumento histórico con Resolución Ministerial N.º 0928-80-ED., tiene una belleza Arquitectónica Colonial, con muros de piedra y cal, también edificaciones de adobe, el techo la estructura es de adobe sobre muros de piedra.

### **Configuración de planta**

Se caracterizan por la estructura hecha de piedra y cal, también hay muros de adobe todas con primera planta con excepción del campanario que cuenta con segundo nivel, sus distribuciones son de acuerdo a la destilación del trapiche y ubicaciones de bodegas

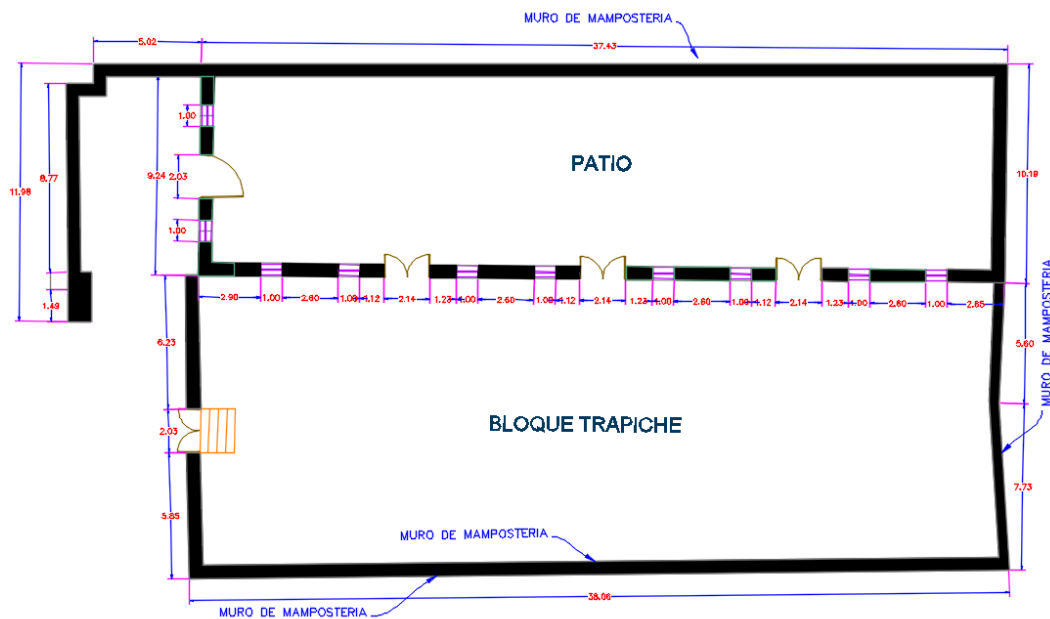
donde se almacenaban víveres, algunos bloques fueron destruidos por la construcción del Colegio y el paso del tiempo, también por la naturaleza.

### a. Bloque Trapiche

El trapiche fue el lugar donde se realizó la molienda de caña de azúcar y su ubicación en toneles de maceración de la chicha en proceso de destilación a través de las instalaciones de maquinarias para la fabricación de alcohol, aguardiente, azúcar entre otros

Cuenta con un patio en la que realizaban diferentes actividades como el de carga y descarga de productos mencionados líneas arriba.

*figura 14. Detalle en planta del bloque trapiche*



*Fuente: elaboración propia*

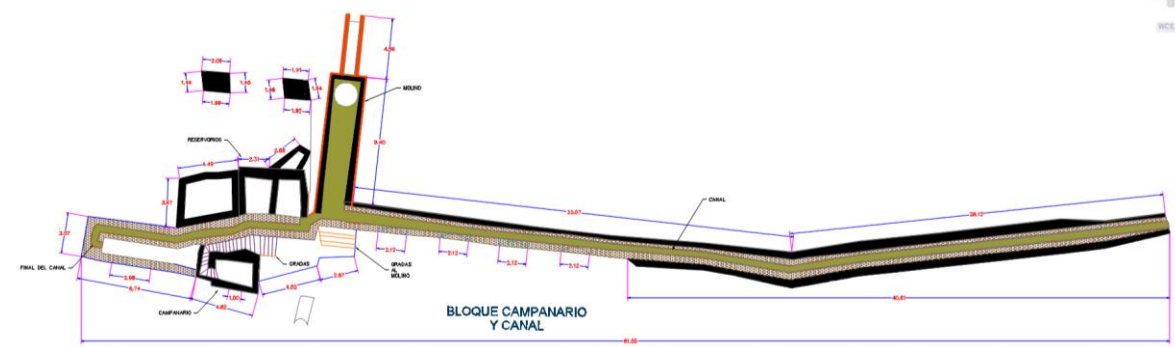
## b. Bloque Canal y campanario

El campanario cuenta con un mirador adyacente a los terrenos del complejo de dominio visual de todas las instalaciones.

El campanario arquitectónicamente es abovedado internamente el acceso era por las escaleras hechas de mampostería de piedra y cal, la torre que se encuentra en la parte de su techo tipo terraza se cuenta en buen estado estructural.

El canal está pegado al Campanario, el canal donde discurría el agua, este situado en el muro de cal y piedra situado entre los bloques del trapicho y la casa hacienda.

*figura 15. Detalle en planta del bloque canal y campanario*



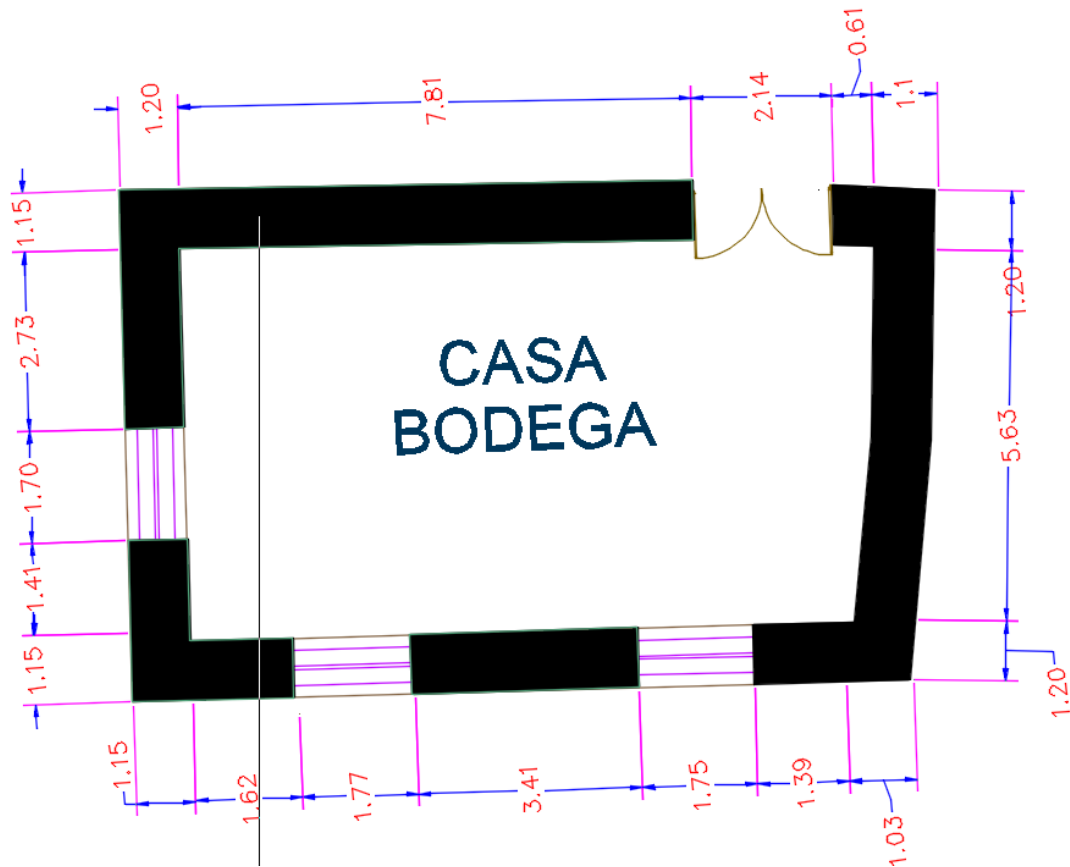
*Fuente: elaboración propia*

## c. Bloque Casa Hacienda

La casa hacienda cuentan con varios ambientes, que fueron para exclusivo de hogar, según su distribución amerita que era vivienda tipo familiar.



figura 17. Detalle en planta del bloque casa bodega



Fuente: elaboración propia

#### 4.1.2 A nivel de la variable dependiente (Y/D)

##### 4.1.2.1 Procedimientos y técnicas utilizados en restauración de la casona de Patibamba con adobe en la zona de Apurímac

Para realizar una evaluación más detallada trataremos lo siguiente:

#### **4.1.2.1.1 Antecedentes históricos de las técnicas utilizadas en la restauración**

En consecuencia, a los hechos de la revolución francesa y el hecho mismo de la destrucción de estructuras y monumentos, se ocasiona el primer antecedente para que en consecuencia se empiece a optar por técnicas para restauración.

Las técnicas cumplen con los principios de restauración surgen con acuerdos hechos, en cartas internacionales para su conservación además de su restauración.

Entre el 26 de diciembre de 1963 y el 4 de febrero de 1964, se han sentido en Abancay constantes movimientos sísmicos, que ocasionaron daños en las construcciones y edificaciones y zozobra en la población.

El sismo que aconteció el día 26 de diciembre del año 1963, según datos del Instituto geofísico del Perú (IGP), tiene las siguientes características:

- Hora del temblor: 19h. 09m. 54.8 s.
- Coordenadas: 13° 5' Sur y 72° 4'Oeste
- Magnitud: 4.5 (escala internacional de Richter)
- Intensidad: 5.0 a 5.5 (Escala de Mercalli)
- Profundidad: 35 Km.

García, W. (1966) - Movimientos sísmicos ocurridos en Abancay en diciembre de 1963 y enero y febrero de 1964 (Provincia de Abancay, departamento de Apurímac). INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, 13, pp. 143-151

Dado el estado ruinoso del monumento expuesta a un mayor deterioro por acciones climáticas, por el paso del tiempo, y la no revaloración de estos, es que esta casona se encuentra en abandono total en cuanto a su mantenimiento.

El 01 de febrero del 2019, debido a las precipitaciones pluviales, se produjo la caída de un muro en la hacienda Patibamba, el cual es considerado como patrimonio, el cual es considerado como patrimonio cultural ubicado en el interior de la institución educativa REPORTE COMPLEMENTARIO N° 341 - 04/01/2019 / COEN - INDECI / 17:40 HORAS (Reporte N° 1)

Después del año 1970, donde ocurrió el terremoto que causo desastres en la Región de Ancash, es que se interesan en realizar diversos estudios también investigaciones sobre las viviendas construidas en adobe con la finalidad de encontrar soluciones y técnicas para refuerzo frente a sismos, Además de encontrar posibles materiales que respondan a los malos efectos por humedad.

*figura 18. Caída de muro por factor pluvial*



*Fuente: COEN - INDECI*

#### **4.1.2.1.2 Principales técnicas**

Las técnicas para la restauración en monumentos históricos se obtuvieron de los antecedentes existentes y registros de estudios realizados in situ en proceso de restauración, lo que mencionamos a continuación:

##### **a. Técnicas de reparación o consolidación.**

Se utilizan los materiales también técnicas originales o modernos, solamente reparando lo dañado sin modificar la forma de trabajo, por lo general se aplican a los deterioros locales, con la finalidad de brindar firmeza y funcionalidad a un elemento en deterioro.

##### **b. Técnicas de reestructuración con refuerzos estructurales**

Se realiza la modificación de la estructura mediante refuerzos utilizando materiales variables a los originales de la

estructura en algunos casos, con el objetivo de que haya una mejor respuesta y comportamiento de la estructura frente a un sismo.

#### **4.1.2.1.3 Procedimientos aplicados en la restauración**

A continuación, se describen las intervenciones de restauración:

- Apuntalamiento en muros techos además de control permanente en deformaciones todo eso durante este en restauración
- Reconstrucción en cimientos y también en sobrecimientos en ambas caras de muros de una manera alternada obteniendo una traba total en el muro intervenido. Esto se realizará alternadamente en tramos con medidas no mayores a 1.00 metro, con la finalidad de evitar un colapso de muro en intervención.

##### **a. El procedimiento de reconstrucción de la cimentación:**

- Excavar 1.00 m en el ancho, 1.00 m vertical en profundidad y mitad del espesor de la cimentación con dirección al interior, y por último retirar la estructura de mampostería en mal estado.
- Asegurar con rollizos de eucalipto en la sobre la parte superior.

- Enlucir por 3 lados en la excavación.
- Emplear un mortero con  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  en la base con un espesor de 2 pulgadas.
- Fijar piedras grandes entre 8"-10", limpias y con humedad, sobrando espacios de 2" aproximadamente, de piedra en piedra para así ser llenados con mortero elaborado con cemento.
- Una vez hecho lo anterior, llenamos con mortero elaborado de cemento, con espesor de 2" y fijar de nuevo piedras utilizadas, hasta culminar con lo excavado.
- Con respecto contacto en la cara interna se podrá dejar la piedra en un estilo con escalones inclinados con la finalidad de obtener un entramado deseado.

#### **b. Procedimiento de reconstrucción del sobrecimiento**

- Excavar 1.00 m en el ancho, 1.00 m vertical en profundidad y mitad del espesor del sobrecimiento con dirección al interior, y por último retirar la estructura de mampostería en mal estado.
- Asegurar con rollizos de eucalipto en la sobre la parte superior.
- Enlucir por 3 lados en la excavación.
- Emplear un mortero con  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  en la base con un espesor de 2 pulgadas.

- Fijar piedras grandes entre 8"-10", limpias y con humedad, sobrando espacios de 2" aproximadamente, de piedra en piedra para así ser llenados con mortero elaborado con cemento.
- Una vez hecho lo anterior, llenamos con mortero elaborado de cemento, con espesor de 2" y fijar de nuevo piedras utilizadas, hasta culminar con lo excavado.
- Con respecto contacto en la cara interna se podrá dejar la piedra en un estilo con escalones inclinados con la finalidad de obtener un entramado deseado.

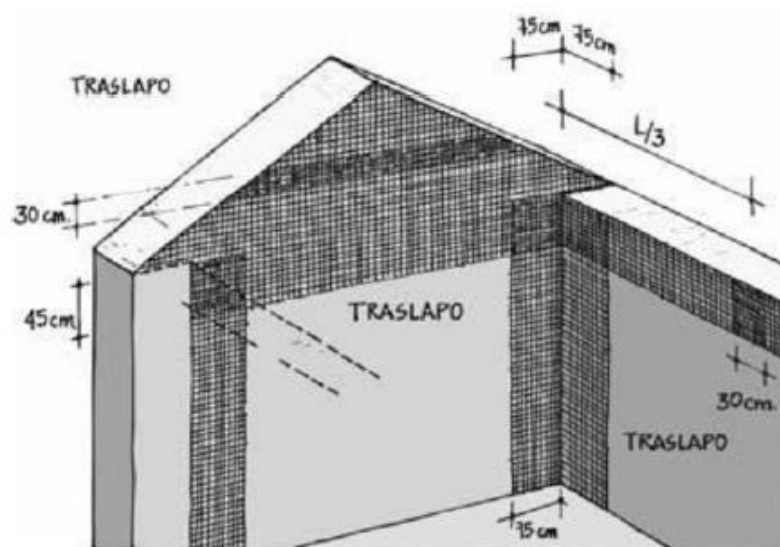
### **c. Reconstrucción en muros de adobe**

Se realiza con la finalidad de reparar las fisuras y lesiones que estos muros presenten, por lo cual se debe realizar la intervención acorde a la causa del daño, los cuales pueden ser por empuje transversal, ausencia de arriostamiento, y/o asentamiento del cimiento. Se realizará el retiro de adobes dañados situando tacos hechos con madera, para reemplazarlos con otros en buen estado, elaborando con forma de costura en los elementos dañados, lo cual se recomienda realizar 2 hiladas como máximo al día para evitar por el peso propio cualquier aplastamiento de algún elemento.

### **d. Refuerzo en la construcción de viviendas de adobe con geomalla**

Principalmente este tipo de metodología se emplea en la construcción de muros mediante el reforzamiento utilizando el reforzamiento con geomallas, mediante este tipo de construcción se logra buscar que estas lleguen a desprenderse así estas se desmoronen con el pasar de los tiempos. Mediante esta metodología de construcción se busca que durante un tiempo de vida útil lleguen a desmoronarse y así evitar que dicha estructura sufra daño alguno.

*figura 19. Reforzamiento con geomalla*

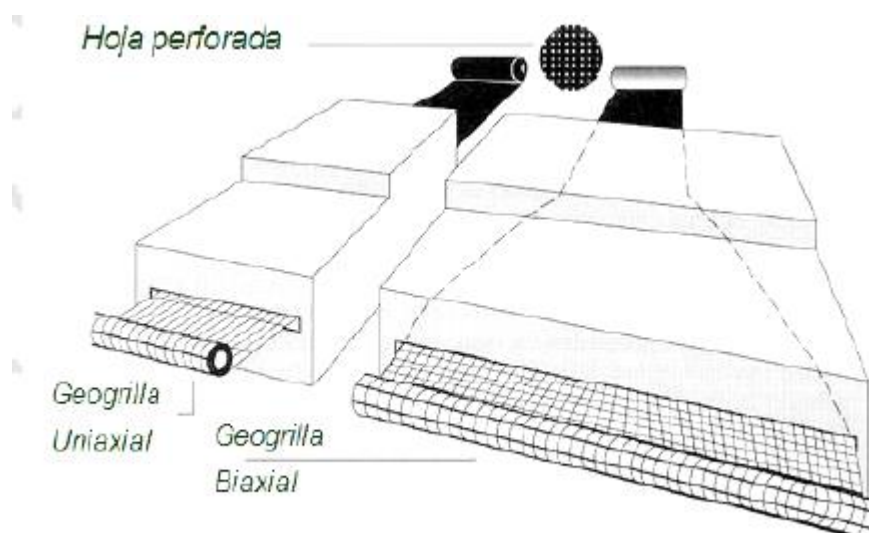


*Fuente: (Koerner, 2005)*

Principalmente la geomalla está siendo utilizado para reforzar la estructura hecha con tierra ya sea en obras de ingeniería para así estén tengan una rigidez y por otra parte mejoren su resistencia y de tal manera mejorar ciertas características mecánicas (torrealva, 2009).

En cuanto a la producción de este tipo de material es generalmente usado en la estabilización de polímeros. Dentro de sus propiedades tenemos la resistencia a tracción, propiedad de durabilidad. Por otro lado, ya sea en climas cálidos o húmedos estas mantienen su misma estructura. Este tipo de fabricación cuenta con diversos estándares internacionales sobre todo certificados.

*figura 20. Proceso de fabricación de geomallas*



*Fuente: (Koerner, 2005)*

#### **4.1.2.2 Compatibilidad del adobe con materiales que se usan en técnicas de restauración**

En la actualidad, nos encontramos en una era particular de la tecnología que es constructiva. Por el lado de la innovación, trayendo nuevos métodos o técnicas además de materiales que incrementan el cambio. Por otro lado, el carente conocimiento y desconfianza a

tecnologías antiguas cada vez es mayor. En estos tiempos existe una insensata confianza en materiales innovadores, que no han sido comprobados ampliamente para introducir a monumentos históricos. Llegando a que los materiales innovadores se deben emplear con mucha cautela y sapiencia.

Siendo el caso de estructuras de adobe se tiene que considerar la compatibilidad además de la reversibilidad de materiales que se emplearan en restauración por que la tierra usada es un material con resistencia mínima a tracción por lo que es frágil al momento de combinar con cualquier otro tipo de material de refuerzo mucho más resistente.

#### **4.1.2.3 Compatibilidad del adobe con madera**

La madera tiene las características de ser anisotrópica, liviana, flexible, baja densidad y de buena trabajabilidad. De sus características se obtiene una resistencia a compresión elevada, resistencia a la tracción baja y medianamente resistente a las fuerzas aplicadas en sentidos contrarios, fibrosa, dureza muy por encima a la del adobe y cierta adherencia con el mortero de barro en su superficie, lo cual trabaja en conjunto con los elementos de adobe, lo que, se considera que la madera es compatible con el adobe. Dicha compatibilidad, se demostró por varios ensayos y estudios realizados con anterioridad que se encuentran en diferentes repositorios de universidades.

#### **4.1.2.4 Compatibilidad del adobe con el acero**

Los tensores fabricados de acero se usan para refuerzo horizontal y vertical de los muros. Este método es una solución conveniente y además es reversible. Uno de los inconvenientes que se presenta es la pérdida constante pero mínima de tensión con el pasar del tiempo por el fenómeno de relajación del acero. Los refuerzos de acero en los muros es una alternativa moderna que ha sido propuesto por Leroy Tolles.

#### **4.1.2.5 Compatibilidad del adobe con el concreto armado**

Desde su incorporación se genera una confianza de los refuerzos de concreto armado brindaran la resistencia y una seguridad para la estructura, a veces se omite la restauración más prudente. Siendo el concreto armado isótropo y que las estructuras de mampostería anisotrópicos. Pese a dichas diferencias, se utiliza al concreto armado, donde la efectividad y coexistencia en la restauración no termina de convencer por completo.

En varias oportunidades, se han encontrado incompatibilidad física, química y mecánica con materiales conservadores como es el adobe usado en estructuras de monumentos históricos. Además, que no es reversible o es imposible de revertir. La incorporación de refuerzos en base a concreto armado modifica considerablemente el comportamiento de la estructura original, puesto que el módulo de elasticidad y rigidez que posee son diferentes a la del adobe, por lo que

se produce una incompatibilidad en la absorción de posibles movimientos sísmicos homogéneo.

#### **4.1.2.6 Intervenciones anteriores**

La casona de Patibamba ha tenido el mantenimiento en los siguientes aspectos:

- Construcción del cerco perimétrico con material tradicional (adobe) con una sección de 0.40 metros y una altura de 3.00 metros, con este muro se consiguió la protección y seguridad a la casona toda vez que por falta de ello se perdieron piezas valiosas del equipamiento, así como el deterioro mismo de la infraestructura.
- Protección de la edificación antigua con estructuras de madera en zonas accesibles para estudiantes.
- Se procedió a la refacción del techo del arco de medio punto que caracteriza el ingreso, se eliminó los materiales empleados encima de los revoques original de las caras, procediéndose luego a restaurarlo con mortero de barro, cuidándose de resaltar los detalles originales y característicos del elemento arquitectónico.
- Se realizó la restauración de la casona por la parte más deteriorada que sufrió un incendio, se abarco un área de 340 metros cuadrados. Consistentemente en 03 aulas y dos

corredores, uno hacia el patio principal y otro hacia el segundo patio.

- Limpieza total y cuidadosa del área de trabajo, contando para ello con una cuadrilla de 10 obreros más la participación vecinal que apoyo ordenadamente.
- Se procedió con la renovación total de la cobertura de la primera zona de trabajo, empleando el mismo tipo de estructura (par y nudillo) con madera rollizo de eucalipto, correas y enchaclado de maguey, finalmente colocar las tejas sobre torta de barro respondiendo estrictamente a la técnica original.
- Las tejas que se usaron para la renovación del techo se hicieron de acuerdo a las dimensiones originales.
- Se procedió a la construcción del cielo raso, con armadura y enchaclado de maguey sobre la que se estuco con mortero de yeso dándole un acabado rugoso a manera de tarrajeo primario, de modo que presente una superficie armónica con el acabado de los muros.
- Se revocaron las paredes exteriores e interiores con mortero de barro sobre malla tejida con alambre negro N.º 16 fijada con clavos de 3".
- Se hicieron los contras zócalos de cemento pulido a una altura de 20 cm.
- Se rescató el vano de forma de arco de medio punto que había sido negado por la superposición de muros y umbrales.

- Se reforzo estructuralmente colocándose umbrales corrida, así como también se construyó una estructura de concreto armado para soportar el peso del muro colapsado, la misma que fue restaurado.
- Se refacciono el muro de base que soporta los pilares del corredor, quitándose el tarrajeo de concreto para resaltarlas piedras labradas que componen el muro, resaltándose las juntas con mortero de concreto en alto relieve.
- Se construyeron las puertas y ventanas en el mismo modelo original en distribución de los paños de los tableros que componen la puerta y las molduras correspondientes.
- Se restauro el sistema de evacuación pluviales.

#### **4.1.2.7 Evaluación del estado actual de la casona de Patibamba**

##### **Diagnóstico**

El presente trabajo recopilo información del expediente denominada “Restauración y puesta en valor (ex – hacienda Patibamba)”

##### **Patologías del sector de intervención de la casona de Patibamba.**

##### **PARTE EXTERIOR:**

La cimentación de las estructuras no está en un mismo nivel de fundación, lo cual dificulta un comportamiento uniforme de sus elementos.

Los elementos que se consideran en la cimentación están a la intemperie, por lo que se vienen disgregando, Además se observa el fenómeno de absorción de humedad por efecto de la capilaridad.

En los adobes de la primera hilada en los diferentes bloques se puede apreciar la erosión y la presencia de humedad en épocas de lluvia.

#### PARTE INTERIOR:

Los muros en la dirección longitudinal que corresponden al bloque de la casa hacienda se ha deteriorado por las constantes precipitaciones pluviales.

En los muros de las partes interiores se necesita un adecuado tratamiento de revoques rugosos, rústicos.

#### **4.1.2.8 Causas del deterioro en el área de intervención.**

Los cimientos de las estructuras son de piedra y mortero de barro lo cual hace que la humedad sea absorbida por capilaridad, causando el disgregamiento del barro y ocasionando daño en los muros.

Los sobrecimientos encontrados a la intemperie sin protección, por lo cual ocasiona su erosión y desgaste del mortero de barro.

Los muros no tienen protección a la intemperie por lo que está expuesto al deterioro continuo y a la erosión.

La cobertura así como los pisos, no presenta revestimientos, ni protección a la intemperie que deteriora sus elementos.

#### **4.1.2.9 Propiedades de los materiales**

Se han extraído muestras de adobes, los cuales se llevaron al laboratorio ubicado en la Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA). Se tiene una resistencia a compresión  $12.40 \text{ kg/cm}^2$  y la humedad es 3.70 %, Además sea elaborado adobes con los materiales de la zona en los cuales se ha obtenido como resultado de  $13.50 \text{ kg/cm}^2$  Para cuestiones de cálculos se usará  $13.00 \text{ kg/cm}^2$ , siendo estos resultados de resistencia parecidas, por lo que deducimos que el material a emplear es compatible con el de la Casona de Patibamba.

## **4.2 Discusión de resultados**

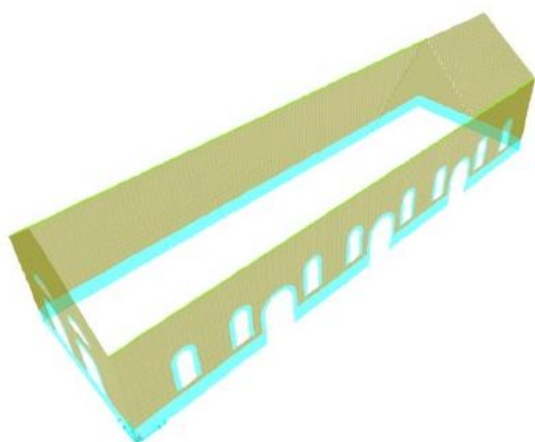
El análisis de la casona se realizó por separado debido a que las estructuras se encuentran aislada una de la otra.

Las masas de los muros son asignadas de manera distribuida en todo su espesor, y las masas de la cobertura se concentran en la unión de los elementos estructurales de la cobertura y muros.

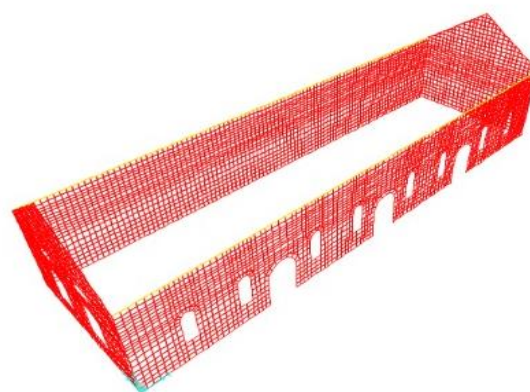
Los modelamientos que se hicieron son los siguientes:

### **4.2.1 Bloque Trapiche**

*figura 21. Modelamiento en SAP 2000 Bloque trapiche*



- Modelo del bloque trapiche con elementos finitos sin reforzamiento de geomallas



- Modelo del bloque trapiche con elementos finitos con reforzamiento de geomallas

*Fuente: elaboración propia*

tabla 4. *Periodos de vibración del bloque trapiche.*

Modo	Modelo del bloque trapiche sin reforzamiento de mallas			Modelo bloque trapiche con reforzamiento de mallas		
	T	masa efectiva		T	masa efectiva	
		X	Y		X	Y
1	0.753	0.01%	16.10%	0.752	0.02%	16.53%
2	0.620	0.93%	0.01%	0.618	0.95%	0.02%
3	0.569	4.10%	0.01%	0.567	4.65%	0.02%
4	0.469	0.79%	2.43%	0.466	0.81%	2.56%
5	0.425	3.44%	0.61%	0.421	3.66%	0.67%
6	0.353	0.03%	11.45%	0.352	0.05%	11.98%

*Fuente: elaboración propia.*

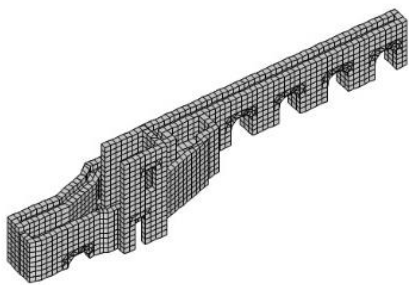
### **Análisis y comparación de los periodos de vibración de la estructura**

El resultado obtenido de la tabla anterior los periodos fundamentales del modelamiento realizado para el bloque trapiche se puede obtener que el modelamiento sin refuerzo de geomallas es levemente más flexible que el modelamiento con refuerzo de geomallas, la variación es del 0.20 %. El modo de vibración del modelamiento del bloque trapiche tiene masa efectiva de 4.10% y 4.65 % de la masa total en la estructura respectivamente, por lo que muestra su importancia.

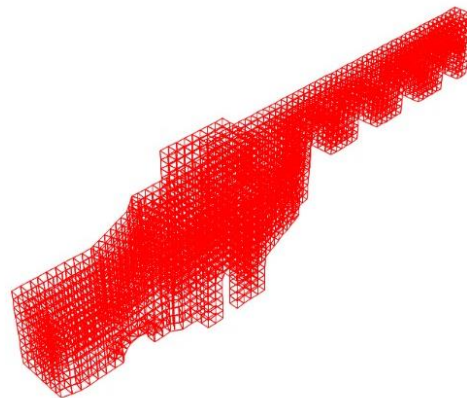
Además, se observa que el modo de vibración para los dos modelamientos del bloque trapiche se obtiene traslaciones en dirección (Y-Y) en los muros más cortos.

#### **4.2.2 Bloque campanario y canal**

*figura 22. Modelamiento en SAP 2000 Bloque campanario y canal*



- Modelo del bloque campanario y canal con elementos finitos sin reforzamiento de geomallas



- Modelo del bloque campanario y canal con elementos finitos con reforzamiento de geomallas

*Fuente: elaboración propia*

tabla 5. *Periodos de vibración del bloque campanario y canal*

Modo	Modelo del bloque canal y campanario sin reforzamiento de mallas			Modelo bloque canal y campanario con reforzamiento de mallas		
	T	masa efectiva		T	masa efectiva	
		X	Y		X	Y
1	0.621	0.01%	4.16%	0.619	0.01%	4.66%
2	0.375	0.01%	1.45%	0.373	0.01%	4.47%
3	0.259	5.55%	0.11%	0.249	6.24%	0.15%
4	0.214	0.25%	1.36%	0.199	0.29%	1.56%
5	0.205	0.08%	3.75%	0.201	0.09%	4.25%
6	0.196	0.06%	1.65%	0.193	0.07%	1.75%

*Fuente: elaboración propia.*

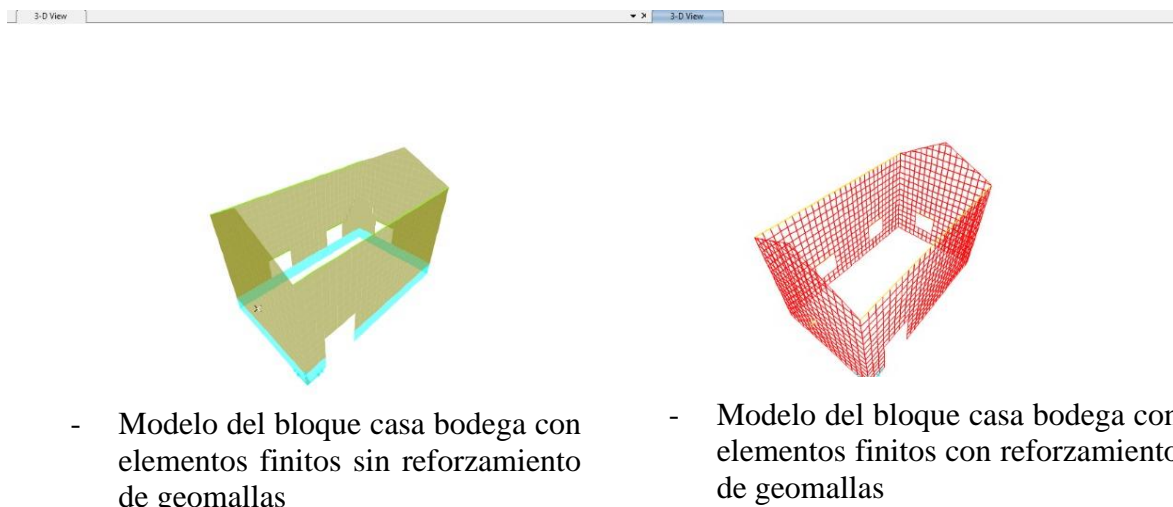
### **Análisis y comparación de los periodos de vibración de la estructura**

El resultado obtenido de la tabla anterior los periodos fundamentales del modelamiento realizado para el bloque campanario y canal se puede obtener que el modelamiento sin refuerzo de geomallas es levemente más flexible que el modelamiento con refuerzo de geomallas, la variación es del 1.0 %. El modo de vibración del modelamiento del campanario y canal tiene masa efectiva de 5.55% y 6.24 % de la masa total en la estructura respectivamente, por lo que muestra su importancia.

Además, se observa que el modo de vibración para los dos modelamientos del bloque canal y campanario se obtiene traslaciones en dirección (Y-Y) en los muros más cortos.

### 4.2.3 Bloque casa bodega

figura 23. Modelamiento en SAP 2000 Bloque casa bodega



Fuente: elaboración propia

tabla 6. Periodos de vibración del bloque casa bodega

Modo	Modelo del bloque casa bodega sin reforzamiento de mallas			Modelo bloque casa bodega con reforzamiento de mallas		
	T	masa efectiva		T	masa efectiva	
		X	Y		X	Y
1	0.455	0.00%	2.91%	0.45	0.00%	2.93%
2	0.384	4.15%	0.94%	0.383	4.80%	1.02%
3	0.339	0.03%	0.00%	0.336	0.04%	0.00%
4	0.319	2.64%	0.31%	0.317	2.65%	0.33%
5	0.315	1.80%	1.14%	0.312	1.81%	1.17%
6	0.309	7.50%	3.99%	0.306	7.77%	4.55%

Fuente: elaboración propia.

### Análisis y comparación de los periodos de vibración de la estructura

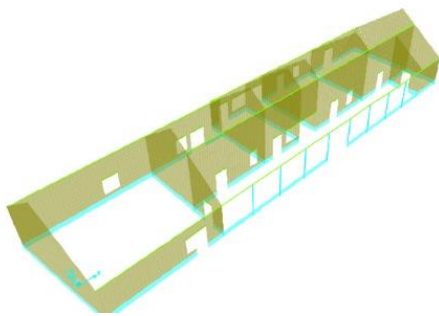
El resultado obtenido de la tabla anterior los periodos fundamentales del modelamiento realizado para el bloque casa bodega se puede obtener que el modelamiento sin refuerzo de geomallas es levemente más flexible que el

modelamiento con refuerzo de geomallas, la variación es del 0.30 %. El modo de vibración del modelamiento del bloque casa bodega tiene masa efectiva de 7.50% y 7.77 % de la masa total en la estructura respectivamente, por lo que muestra su importancia.

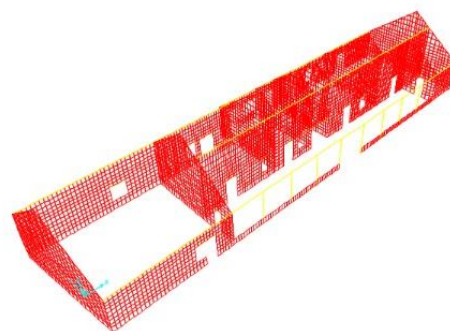
Además, se observa que el modo de vibración para los dos modelamientos del bloque campanario y se obtiene traslaciones en dirección (Y-Y) en los muros más cortos.

#### 4.2.4 Bloque casa hacienda

*figura 24. Modelamiento en SAP 2000 Bloque casa hacienda*



- Modelo del bloque casa hacienda con elementos finitos sin reforzamiento de geomallas



- Modelo del bloque casa hacienda con elementos finitos con reforzamiento de geomallas

*Fuente: elaboración propia.*

tabla 7. *Periodos de vibración del bloque casa hacienda*

Modo	Modelo del bloque casa hacienda sin reforzamiento de mallas			Modelo bloque casa hacienda con reforzamiento de mallas		
	T	masa efectiva		T	masa efectiva	
		X	Y		X	Y
1	0.403	0.00%	1.19%	0.399	0.00%	1.30%
2	0.399	0.00%	42.73%	0.398	0.00%	43.15%
3	0.256	41.58%	2.44%	0.245	45.68%	2.55%
4	0.227	0.02%	0.10%	0.222	0.22%	0.20%
5	0.205	0.01%	0.00%	0.201	0.11%	0.00%
6	0.171	0.05%	16.99%	0.169	0.55%	17.14%

*Fuente: elaboración propia.*

### **Análisis y comparación de los periodos de vibración de la estructura**

El resultado obtenido de la tabla anterior los periodos fundamentales del modelamiento realizado para el bloque casa hacienda se puede obtener que el modelamiento sin refuerzo de geomallas es levemente más flexible que el modelamiento con refuerzo de geomallas, la variación es del 1.1 %. El modo de vibración del modelamiento del bloque casa hacienda tiene masa efectiva de 41.58% y 45.68 % de la masa total en la estructura respectivamente, por lo que muestra su importancia.

Además, se observa que el modo de vibración para los dos modelamientos del bloque casa bodega se obtiene traslaciones en dirección (Y-Y) en los muros más cortos.

## 4.2.5 Esfuerzos de compresión en los muros de adobe

### 4.2.5.1 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe del bloque trapiche

tabla 8. *Esfuerzo bloque trapiche*

Muro	P (ton/m)	a (m)	$kg/cm^2$
M1	11.16	1.00	1.12
M2	13.62	1.00	1.36
M3	8.40	1.00	0.84
M4	9.29	1.00	0.93

Fuente: elaboración propia.

El mayor esfuerzo de compresión se encuentra en el muro 2 con  $1.36 kg/cm^2$ .

### 4.2.5.2 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe del bloque casa bodega

tabla 9. *Esfuerzo bloque casa bodega*

Muro	P (ton/m)	a (m)	$kg/cm^2$
M1	9.89	1.00	0.99
M2	9.33	1.00	0.93
M3	8.24	1.00	0.82
M4	8.00	1.00	0.80

Fuente: elaboración propia.

El mayor esfuerzo de compresión se encuentra en el muro 1 con  $0.99 kg/cm^2$ .

#### 4.2.5.3 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe del bloque casa hacienda

tabla 10. *Esfuerzo bloque casa hacienda*

Muro	P (ton/m)	a (m)	$kg/cm^2$
M1	8.79	1.10	0.80
M2	4.22	1.10	0.38
M3	6.06	1.10	0.55
M4	8.58	1.10	0.78
M5	3.58	1.10	0.33
M6	5.92	0.60	0.99
M7	4.84	0.60	0.81
M8	4.84	0.60	0.81
M9	4.84	0.60	0.81
M10	5.49	0.60	0.91
M11	3.89	0.60	0.65
M12	4.53	0.60	0.76

*Fuente: elaboración propia.*

El mayor esfuerzo de compresión se encuentra en el muro 10 con  $0.91 kg/cm^2$

#### 4.2.5.4 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque trapiche para un sismo de 0.15g en dirección X-X

tabla 11. *Esfuerzo bloque trapiche para un sismo 0.15g dirección X-X*

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	Condición e=h/6	$kg/cm^2$ <sup>1</sup>	$kg/cm^2$ <sup>2</sup>
Muros en direccion X-X	M1	11.156	9.263	1.000	0.830	0.167	-2.252	0.021
	M2	13.615	3.249	1.000	0.239	0.167	-0.878	3.473
Muros en direccion Y-Y	M3	8.404	0.225	1.000	0.027	0.167	0.975	0.705
	M4	9.290	0.135	1.000	0.015	0.167	1.010	0.848

*Fuente: elaboración propia.*

**4.2.5.5 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa bodega para un sismo de 0.15g en dirección X-X**

tabla 12. *Esfuerzo bloque casa bodega para un sismo 0.15g*  
*dirección X-X*

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	Condición e=h/6	$kg/cm^2$	$kg/cm^2$
Muros en direccion X-X	M1	9.886	1.341	1.000	0.136	0.167	1.793	0.183
	M2	9.334	1.460	1.000	0.156	0.167	1.809	0.058
Muros en direccion Y-Y	M3	8.242	-0.096	1.000	-0.012	0.167	0.766	0.882
	M4	8.002	0.075	1.000	0.009	0.167	0.845	0.755

Fuente: elaboración propia.

**4.2.5.6 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa hacienda para un sismo de 0.15g en dirección X-X**

tabla 13. *Esfuerzo bloque casa hacienda para un sismo 0.15g*  
*dirección X-X*

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	Condición e=h/6	$kg/cm^2$	$kg/cm^2$
Muros en direccion X-X	M1	8.792	0.145	1.100	0.016	0.183	0.951	0.807
	M2	4.216	0.186	1.100	0.044	0.183	0.514	0.329
	M3	4.752	0.018	1.100	0.004	0.183	0.484	0.467
	M4	8.582	0.043	1.100	0.005	0.183	0.880	0.837
	M5	3.577	0.018	1.100	0.005	0.183	0.646	0.069
Muros en direccion Y-Y	M6	5.919	0.010	0.600	0.002	0.100	0.609	0.575
	M7	4.841	0.012	0.600	0.002	0.100	0.504	0.464
	M8	4.841	0.007	0.600	0.002	0.100	0.497	0.472
	M9	4.842	0.001	0.600	0.000	0.100	0.486	0.483
	M10	5.490	0.000	0.600	0.000	0.100	0.549	0.549
	M11	3.888	0.028	0.600	0.007	0.100	0.436	0.342
	M12	4.532	0.022	0.600	0.005	0.100	0.490	0.416

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.5.7 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque trapiche para un sismo de 0.15g en dirección Y-Y

tabla 14. *Esfuerzo bloque trapiche para un sismo 0.15g*

*dirección Y-Y*

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	Condición e=h/6	$kg/cm^2$	$kg/cm^2$
Muros en direccion X-X	M1	11.156	0.873	1.000	0.078	0.167	1.639	0.592
	M2	12.494	0.045	1.000	0.004	1.167	1.276	1.222
Muros en direccion Y-Y	M3	8.405	8.505	1.000	1.012	0.167	-1.090	-0.384
	M4	9.290	7.751	1.000	0.834	0.167	-1.850	0.006

Fuente: elaboración propia.

#### 4.2.5.8 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa bodega para un sismo de 0.15g en dirección Y-Y

tabla 15. *Esfuerzo bloque casa bodega para un sismo 0.15g*

*dirección Y-Y*

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	Condición e=h/6	$kg/cm^2$	$kg/cm^2$
Muros en direccion X-X	M1	9.885	0.284	1.000	0.029	0.167	1.159	0.818
	M2	9.345	0.036	1.000	0.004	0.167	0.956	0.913
Muros en direccion Y-Y	M3	8.235	2.049	1.000	0.249	0.167	-0.717	2.186
	M4	7.995	2.125	1.000	0.266	0.167	-0.964	2.276

Fuente: elaboración propia.

**4.2.5.9 Verificación de los esfuerzos de compresión en los muros de adobe en el bloque casa hacienda para un sismo de 0.15g en dirección Y-Y**

tabla 16. *Esfuerzo bloque casa hacienda para un sismo 0.15g dirección Y-Y*

	Muro	P (ton/m)	M (tonxm/m)	h (m)	e (m)	Condición e=h/6	$kg/cm^2$ <sup>1</sup>	$kg/cm^2$ <sup>2</sup>
Muros en direccion X-X	M1	8.792	0.033	1.100	0.016	0.183	0.896	0.863
	M2	4.216	0.494	1.100	0.016	0.183	0.666	0.177
	M3	6.055	0.890	1.100	0.147	0.183	1.047	0.164
	M4	8.582	0.886	1.100	0.103	0.183	1.297	0.419
	M5	3.577	0.582	1.100	0.163	0.183	0.367	0.349
Muros en direccion Y-Y	M6	5.919	0.068	0.600	0.011	0.100	0.705	0.479
	M7	4.841	0.078	0.600	0.016	0.100	0.614	0.354
	M8	4.841	0.014	0.600	0.003	0.100	0.508	0.460
	M9	4.841	0.000	0.600	0.000	0.100	0.484	0.484
	M10	5.489	0.005	0.600	0.001	0.100	0.557	0.540
	M11	3.888	0.120	0.600	0.031	0.100	0.588	0.189
	M12	4.532	-0.013	0.600	-0.003	0.100	0.431	0.475

Fuente: elaboración propia.

## CONCLUSIONES

- ✓ La evaluación y diagnóstico, si permite plantear la propuesta de reforzamiento en este caso que es el reforzamiento con geomallas.
- ✓ Los datos que se obtuvieron de acuerdo a los ensayos de laboratorio se obtuvieron lo siguiente

El terreno de fundación corresponde a un material granular, identificado como una grava arcillosa – limosa con arena GC-GM, según SUCS. Los porcentajes de finos de los adobes extraídos de los muros son bastante homogéneos, varían entre 50 y 60% con excepción del adobe elaborado con otro material o traído de otro lugar. Los adobes nuevos tienen igual cantidad de finos que los de los muros estudiados, que presenta una coloración marrón. Los índices de plasticidad de los materiales que conforman a los adobes son muy variables, tienen un promedio de 8.97 %, pero pueden ser considerados bajos, lo cual podría ser una razón por la cual la resistencia de los adobes es baja.

El contenido de paja de los adobes es también muy variable va desde 1.69 % hasta 5.41 % en peso, pero en promedio de 2.93 %.

- ✓ Del análisis estructural El refuerzo en lo que respecta a lo estructural para de la casona de Patibamba en los muros de adobe son el reforzamiento de geomallas.

El sistema en techos es par y nudillo lo cual es netamente histórico, para su reforzamiento al cual se le añade un sistema para protección de encarrizado y recubrimiento con yeso para la protección de la intemperie. La cimentación y sobre cimentación en la casona de Patibamba de la estructura con adobe se

utilizaba un mortero elaborado con barro, los cuales serán remplazados por los morteros en base de cemento o por cal

- ✓ Del análisis que se realizó en el modelamiento con reforzamiento de malla y sin reforzamiento de malla, en lo que respecta a la estructura del bloque casa hacienda de la casona, en el caso de que falle la alternativa se propone el uso de los tensores con acero para incrementar la magnitud de la compresión evitando incrementar en los muros el porcentaje de participación de la masa. La inclusión de reforzamiento de llaves no rigidiza en un porcentaje significativo la estructura existente. Bajo las cargas por gravedad, tanto de muros de adobe y mampostería en el bloque trapiche, bloque bodega, bloque canal y campanario y el bloque casa hacienda no presentarán fallas a compresión.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda poner atención al modelamiento y su comportamiento por elementos finitos, puesto que podrían tener algunos errores con respecto a conexiones debido a que en el modelamiento presenta una gran cantidad de elementos, que brindan resultados no tan confiables
- ✓ En la interpretación de la información histórica se debe tener especial cuidado, debido a que con frecuencia la información obtenida es elaborada por profesionales de disciplinas diferentes a la ingeniería.

Con respecto a la restauración se recomienda usar materiales que sean compatibles a los materiales existentes y originales

- ✓ Se recomienda evitar el concreto armado como posible refuerzo estructural, debido a su módulo de elasticidad y rigidez que es diferente al adobe, lo cual ocasiona incompatibilidad en la absorción de movimientos sísmicos homogéneamente.
- ✓ Se recomienda realizar ensayos en compresión en el material que se utilizara en la restauración como es el adobe y mortero con la finalidad de garantizar una compatibilidad con lo ya existente.

Las estructuras de adobe de los monumentos históricos tienen que tener un sistema de drenaje y protección ante humedad provenientes tanto de aguas pluviales y aguas subterráneas.

## BIBLIOGRAFIA

- Pehovaz Richard. (2003). Comportamiento a Carga Lateral Cíclica de Muros de Adobe Confinados. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.
- Terán B, José Antonio. (2004). Consideraciones que Se Deben Tenerse en Cuenta para La Restauración Arquitectónica. Revista Conserva N°8. Chile.  
[http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto\\_631.pdf](http://www.dibam.cl/dinamicas/DocAdjunto_631.pdf)
- Tolles E. Leroy. (2000). Seismic Stabilization of Historic Adobe structures – Final Report of The Getty Seismic Adobe Project. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA.
- Tolles E. Leroy; Edna E. Kimbro; William S. Ginell, (2005). Guías de Planeamiento e Ingeniería para la Estabilización Sismorresistente de Estructuras Históricas de adobe. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA.
- Torrealva Daniel. (2003). Caracterización de Daños en Construcciones de Adobe. PUCP. Lima, Perú.
- Torrealva Daniel, Vargas Neumann Julio. 2005. Structural Engineering Issues for The Reconstruction and Restoration of Bam. Seminario Internacional Arquitectura, Construcción y Conservación de Edificaciones de Tierra en Áreas Sísmicas. Lima.
- Torrealva Dávila Daniel y Vargas Neuman Julio en "Impacto del Sismo del 23 de junio en el Casco Monumental de Arequipa".

Bazan Enrique; Padilla Marciano; Meli Roberto. (1980). Seguridad de Casa de Adobe ante Sismos-Estudios Analíticos, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F.

Chara Z, Luis. (1992). Arquitectura Religiosa Española en la Ciudad del Cusco de los Siglos XVI-XVII. Colegio de Arquitectos del Perú Lima, Perú.

Comité Internacional de ICOMOS Sobre la Madera. (1999). Principios que deben regir la conservación de las estructuras históricas en madera. México.

Fernández Angel. (1992). Restauración Arquitectónica. Publicaciones de la Universidad de Valladolid. Valladolid, España.

Fielden, Sir Bernard. "Entre dos terremotos. (1991). Los bienes culturales en zonas sísmicas. Publicación ICCROM y Getty Conservation Institute. Lima, Perú.

Gutiérrez Ramón. (1987). Arquitectura Virreynal en Cusco y su Región. Cusco, Perú.

ICOMOS. (2003). Principios para el análisis, conservación y restauración de las estructuras del Patrimonio Arquitectónico. [www.esicomos.org](http://www.esicomos.org).

Lovón Romer. (2006). Intervención Estructural en un Monumento Histórico de Adobe. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

Magadan Marcelo. (2000). Edificios Históricos: Cuestiones a tener en cuenta a la hora de su restauración. Buenos Aires, Argentina.  
<http://www.construir.com/econsult/eonstrur/nro60/document/edificio.html>

Meli Roberto. (1998). Ingeniería Estructural de los Edificios Históricos. Fundación ICA. Primera Edición. México D.F.

Samanez A, Roberto. (1983). La Restauración de Estructuras de Adobe en los Monumentos Históricos de la Región Andina del Perú: Tecnología Apropriada en la Conservación del Patrimonio Cultural. Oficina de Asuntos culturales COFIDE. Lima, Perú.

## **ANEXOS**

Anexo 1: Matriz de consistencia

Anexo 2: Resultados de estudio de suelos

Anexo 3: Estudio de muros de adobe

Anexo 4: Panel fotográfico

Anexo 5: Planos

Los anexos, panel fotográfico, planos, documentos administrativos entre otros se encuentran resguardadas en la oficina de Repositorio Digital Institucional de la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes