



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SEGURIDAD ALCANZADO
FRENTE A SUS SOLICITACIONES ACTUALES DE SERVICIO
DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO
DE LARES; MEDIANTE UNA INTERVENCIÓN
ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN”

Presentado por la Bachiller:

González Vargas Alexandra Mónica

Para optar al Título Profesional de
Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas

Cusco – Perú - 2016



DEDICATORIA

A mis abuelas, a mis padres y hermana.



AGRADECIMIENTOS

A mis abuelas, a mis padres y hermana por su apoyo en todo momento.

A la Ing. Mitsy Elena Gudiel Cárdenas, por el asesoramiento durante el desarrollo de esta Tesis, por el tiempo y motivación que me brindó para continuar con el trabajo de investigación.

A los docentes de la carrera profesional de Ingeniería Civil, quienes me formaron para ser profesional.

A mis amigos que me acompañaron a través de todos estos años.



RESUMEN

El propósito de la presente investigación es la evaluación del nivel de seguridad estructural del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, para conocer si su estructura colonial compuesta por muros de adobe y sobrecimiento de piedra, aún luego del paso de los años, cumple con las condiciones estructurales que respalden su estabilidad, resistencia y condiciones de servicio. La estructura del templo San Cosme y San Damián se encuentra muy deteriorada, y la necesidad de su intervención es evidente. En esta investigación, se definió los niveles de seguridad estructural en base a la calidad de la unidad de adobe, espesor mínimo y desplazamientos de los muros, y periodos de la estructura, teniendo tres niveles de seguridad: Aceptable, Bajo y de Peligro. En el caso del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, para poder determinar su nivel de seguridad estructural, se procedió a estudiar su estructura actual mediante una evaluación cualitativa, como nos recomienda la norma española de Seguridad Estructural, en la cual se tomaron en cuenta aspectos de la estructura y aspectos funcionales de la misma. Luego se realizó una evaluación cuantitativa, tomando en cuenta el espesor mínimo, la carga crítica y el esfuerzo axial de sus muros con ayuda de ensayos de pilas de adobe; así como los desplazamientos, fuerzas y esfuerzos, estos últimos obtenidos mediante un modelo matemático de la estructura actual del templo, concluyendo que el templo posee un nivel de seguridad estructural de Peligro. Se evaluaron distintas propuestas de intervención estructurales y se vio por conveniente usar una propuesta de rigidización y reforzamiento en los muros del templo a base de un empastado con fibras de polipropileno, el cual, según lo observado en los ensayos realizados, aumenta la resistencia a compresión de la unidad de adobe en un 32 %. A continuación, se volvió a realizar un análisis cuantitativo de la estructura del templo posterior a la intervención obteniendo que las características estructurales en las que se basa la seguridad estructural como la resistencia y estabilidad mejoraron, haciendo que las condiciones de uso del templo por parte de los pobladores de Lares brinde seguridad y tenga un nivel de seguridad estructural Bajo.



Palabras Clave: Templo San Cosme y San Damián, Nivel de Seguridad Estructural, Estructura Colonial de Adobe, Evaluación Cualitativa, Evaluación Cuantitativa, Intervención Estructural, Rigidización



ABSTRACT

The purpose of this research is the evaluation of the structural safety level of the Church of San Cosme and San Damián of Lares, to see if their colonial structure composed of adobe walls and plinth Stone, even after the passage of the years complies with the structural conditions that support its stability, strength and terms of service. The structure of the temple San Cosme and San Damián is run down, and the need for intervention is clear. In this research, structural safety levels are defined based on the quality of the adobe unit, minimum thickness and displacement of the walls, and periods of the structure, having three levels of security: Acceptable, Low and Hazard. In the case of the temple San Cosme and San Damián of Lares, in order to determine their level of structural safety, we proceeded to study its current structure by a qualitative evaluation, As recommended by the Spanish standard Structural Safety, which took into account aspects of the structure and functional aspects of the same. A quantitative evaluation was then performed, taking into account the minimum thickness, the critical load and the axial force of the walls using cell tests adobe; and displacements, forces and stresses, the latter obtained by a mathematical model of the current structure of the temple, concluding that the temple has a hazard level of structural safety. Various proposals for structural intervention were evaluated and it was convenient to use a proposal stiffening in the temple walls based on a bound with polypropylene fibers, which, as noted in trials, increases resistance to compression adobe unit by 32%. Subsequently, a quantitative evaluation of the structure of the posterior temple to intervention again made, obtaining the structural characteristics in which the structural safety as strength and stability relies improved, making conditions of use of the temple by the habitants of Lares provides security and has a level of structural safety Low.

Keywords:

Temple San Cosme and San Damián of Lares, Structural Safety Level, Colonial Adobe structure, Qualitative Evaluation, Quantitative Evaluation, Structural Intervention, Stiffening.



INTRODUCCIÓN

El legado histórico y el patrimonio arquitectónico que posee la ciudad del Cusco como herencia de su pasado conllevan el reto de la conservación de este. Es por esto que la toma de conciencia de su conservación por parte de autoridades y la ciudadanía en general se hace primordial. Entre los diferentes monumentos históricos que podemos encontrar en la ciudad del Cusco, las iglesias y templos sobresalen, no sólo porque dan a la ciudad un paisaje urbano especial, sino que también por representar lugares importantes de culto de la iglesia católica, donde se reúne gran cantidad de gente.

A través del tiempo, la estructura de estas construcciones no han podido conservarse intactas por diferentes causas de deterioro de sus materiales, eventos sísmicos o falta de mantenimiento; encontrándose dañadas, y en algunos casos propensas al colapso; haciendo que la seguridad de las personas que asisten a estas edificaciones se vea vulnerada.

El templo colonial de San Cosme y San Damián del distrito de Lares, provincia de Calca, departamento del Cusco, reconocido como Patrimonio Cultural por el Ministerio de Cultura, no es la excepción. Su estado pobre de conservación se va agravado por el clima húmedo de la zona que afecta gravemente a sus muros de adobe, haciendo necesaria su pronta intervención.

La presente investigación sobre **“ANÁLISIS DEL NIVEL DE SEGURIDAD ALCANZADO FRENTE A SUS SOLICITACIONES ACTUALES DE SERVICIO DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES; MEDIANTE UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN”** se desarrolló para determinar el nivel de seguridad esperado en el templo colonial de San Cosme y San Damián del distrito de Lares, con un proceso de intervención estructural de restauración tomando en cuenta sus solicitudes de servicio actuales. Esto con el fin de determinar la intervención más adecuada, para que la estructura del templo cumpla con los requisitos del concepto de nivel de seguridad estructural, definida en esta tesis, según la calidad de la unidad de adobe, el espesor mínimo y desplazamientos de los muros y periodos de la estructura del templo. Se optó por una técnica de rigidización de los muros de adobe del templo



utilizando un empastado de fibras de polipropileno para sus muros. En el modelo del templo se implementaron las características de sus materiales constituyentes, (módulo de elasticidad, peso unitario), y se analizaron sus desplazamientos, fuerzas y esfuerzos en las direcciones X y Y, obteniendo un nivel de superior al de la estructura actual del templo.

La siguiente tesis consta de cinco capítulos, glosario, conclusiones, recomendaciones y anexos. En el primer capítulo se plantea el problema de la investigación, se justifica y se presenta las limitaciones de esta; así como los objetivos, las hipótesis y se definen las variables. En el segundo capítulo nos ocupamos del marco teórico, definiendo los conceptos necesarios para el entendimiento de esta tesis. En el tercer capítulo, vemos todo lo correspondiente a la metodología de la investigación, la descripción de los instrumentos utilizados, el procedimiento de recolección de datos y el procedimiento de análisis de los datos obtenidos de los ensayos realizados y de la utilización del software. En el cuarto capítulo se exponen los resultados obtenidos en anteriores capítulos. En el quinto capítulo se realiza la discusión de los resultados obtenidos y se plantean interrogantes sobre las diversas inquietudes que surgen tras la investigación.

**ÍNDICE GENERAL**

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XXI
ÍNDICE DE FIGURAS	XXVIII
CAPÍTULO I.....	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA.....	2
1.1.2.1. Formulación de interrogativa del problema general.....	2
1.1.2.2. Formulación de interrogativa de los problemas específicos	2
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA	3
1.2.2. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA SOCIAL	3
1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD.....	4
1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA	4
1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
1.5. HIPÓTESIS.....	8
1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	8
1.5.2. SUB HIPÓTESIS	8
1.6. VARIABLES E INDICADORES	9
CAPÍTULO II.....	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL.....	11
2.1.1.1. EXPEDIENTE TÉCNICO “PUESTA EN VALOR DEL MONUMENTO COLONIAL RELIGIOSO, TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES - PROVINCIA DE CALCA Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO”.....	11



2.1.1.2. TESIS: "SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS DE LA REGIÓN CUSCO" YHOSIMI WASHINGTON ESQUIVEL FERNÁNDEZ	29
2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL	33
2.1.2.1. Proyecto de restauración del templo San Carlos Borromeo – Chihuahua - México. 33	
2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES.....	35
2.2.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL	35
2.2.1.1. Evaluación estructural de edificios existentes. Documento Básico de Seguridad Estructural (SE)	36
2.2.1.2. Recopilación de información	37
2.2.1.3. Evaluación cualitativa	39
2.2.2. NIVEL DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL	39
2.2.2.1. Calidad del Adobe (NORMA E.080)	39
2.2.2.2. Espesor mínimo de los muros del templo (NORMA E.070).....	40
2.2.2.4. Periodos de Vibración de la Estructura (NORMA E.030).....	41
2.2.3. PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES.....	41
2.2.3.1. Calificación de patologías.....	41
2.2.3.2. Procesos patológicos	42
2.2.3.3. Origen mecánico	44
2.2.4. COMPOSICIÓN DEL ADOBE	46
2.2.4.1. Fabricación del Adobe	47
2.2.5. ALBAÑILERÍA DE ADOBE	48
2.2.5.1. Embarre.....	48
2.2.5.2. Aplicación	48
2.2.5.3. Acabado	48
2.2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ADOBE	48
2.2.6.1. Ventajas del adobe.....	48
2.2.6.2. Desventajas del adobe	49
2.2.7. DAÑO EN MUROS DE ADOBE	49
2.2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE POLIPROPILENO.....	51
2.2.8.1. Características de las fibras de polipropileno	51
2.2.8.2. Elección de las fibras adecuadas para cada aplicación	52
2.2.9. MÓDULO DE YOUNG.....	53
2.2.9.1. Materiales lineales.....	53
2.2.9.2. Materiales no lineales.....	54



2.2.10.	ESFUERZOS NORMALES AXIALES	54
2.2.11.	ESFUERZOS CORTANTES	55
2.2.12.	NORMA E030.....	56
2.2.12.1.	Zonificación	56
2.2.12.2.	Condiciones Geotécnicas.....	57
2.2.12.3.	Factor de amplificación sísmica.....	57
2.2.12.4.	Categoría de las edificaciones	58
2.2.12.5.	Configuración estructural.....	58
2.2.12.6.	Sistemas estructurales	60
2.2.12.7.	Desplazamientos laterales	60
2.2.12.8.	Análisis de edificios	61
2.2.12.9.	Análisis dinámico.....	61
2.2.13.	NORMA E070 ALBAÑILERÍA.....	61
2.2.13.1.	Requisitos estructurales mínimos.....	61
2.2.14.	NORMA E080 ADOBE	62
2.2.14.1.	Comportamiento Sísmico de las edificaciones de Tierra.....	62
2.2.15.	SISTEMA DE MURO ESTRUCTURAL DE ADOBE.....	63
2.2.15.1.	Subsistema muro, propiamente dicho	63
2.2.15.2.	Muro de carga	64
2.2.16.	CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTILLAS SHELL Y SOLID DEL PROGRAMA SAP2000	65
2.2.16.1.	Características de la plantilla Shell.....	65
2.2.16.2.	Características de la plantilla Solid.....	66
2.2.17.	FUNDAMENTOS DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS.....	66
2.2.17.1.	Análisis de una estructura de tres dimensiones mediante el método de elementos finitos	67
2.2.18.	RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN.....	68
2.2.18.1.	Cartas y recomendaciones internacionales sobre la conservación del patrimonio cultural	68
2.2.18.2.	Incompatibilidad de los criterios de conservación con los códigos vigentes de diseño y construcción.....	69
2.2.19.	NECESIDAD DE INTERVENCIÓN DE LA EDIFICACIÓN.....	70
2.2.19.1.	La intervención estructural	71
2.2.19.2.	Intervención estructural en edificaciones históricas.....	74
2.2.19.3.	La intervención no estructural	75
2.2.19.4.	Acciones durante y después de la restauración	76



CAPÍTULO III 80

METODOLOGÍA..... 80

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 80

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN..... 80

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN 80

3.1.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 80

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 80

3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO 80

3.2.2. DISEÑO DE INGENIERÍA..... 81

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA 84

3.3.1. POBLACIÓN 84

3.3.1.1. Descripción de la población..... 84

3.3.1.2. Cuantificación de la población 84

3.3.2. MUESTRA 84

3.3.2.1. Descripción de la muestra 84

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra 84

3.3.2.3. Método de muestreo..... 84

3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra 85

3.3.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN 85

3.4. INSTRUMENTOS 86

3.4.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 86

3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA 100

3.4.2.1. Reglamentos y normas..... 100

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 100

3.5.1. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSE Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUALITATIVO 100

3.5.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES 100

3.5.1.1.1. Equipos 100

3.5.1.1.2. Procedimiento..... 100

3.5.1.1.3. Toma de datos..... 101

3.5.2. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUANTITATIVO 105

3.5.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE – N.T.P
331.202. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER..... 105

3.5.2.1.1. Equipos 105



3.5.2.1.2. Procedimiento..... 105

3.5.2.1.3. Toma de datos..... 109

3.5.2.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE – N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA..... 111

3.5.2.2.1. Equipos 111

3.5.2.2.2. Procedimiento..... 111

3.5.2.2.3. Toma de datos..... 114

3.5.2.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – N.T.P 331.202 ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER..... 115

3.5.2.3.1. Equipos 115

3.5.2.3.2. Procedimiento..... 115

3.5.2.3.3. Toma de datos..... 116

3.5.2.4. GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES..... 116

3.5.2.4.1. Equipos 116

3.5.2.4.2. Procedimiento..... 117

3.5.2.4.3. Toma de datos..... 120

3.5.2.5. LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES..... 120

3.5.2.5.1. Equipos 120

3.5.2.5.2. Procedimiento..... 121

3.5.2.5.3. Toma de datos..... 121

3.5.2.6. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES..... 121

3.5.2.6.1. Equipos 121

3.5.2.6.2. Procedimiento..... 122

3.5.2.6.3. Toma de datos..... 123

3.5.3. ESTRUCTURA DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN NORMADA - ANÁLISIS CUANTITATIVO 123

3.5.3.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE – N.T.P 331.202. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER..... 123

3.5.3.1.1. Equipos 123

3.5.3.1.2. Procedimiento..... 123

3.5.3.1.3. Toma de datos..... 128



3.5.3.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE – N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. 129

3.5.3.2.1. Equipos 129

3.5.3.2.2. Procedimiento..... 129

3.5.3.2.3. Toma de datos..... 132

3.6. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS..... 133

3.6.1. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUALITATIVO 133

3.6.1.1. DETERMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES 133

3.6.1.1.1. Procesamiento de la determinación de las patologías del templo San Cosme y San Damián de Lares..... 133

3.6.1.1.2. Tablas de la determinación de las patologías del templo San Cosme y San Damián de Lares..... 133

3.6.1.1.3. Análisis de las patologías del templo San Cosme y San Damián de Lares 145

3.6.1.2. DETERMINACIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES..... 147

3.6.1.2.1. Procesamiento de la determinación del daño en los muros del templo San Cosme y San Damián de Lares 147

3.6.1.2.2. Tablas de la determinación del daño en los muros del templo San Cosme y San Damián de Lares..... 148

3.6.1.2.3. Análisis de la determinación del daño presente en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares 158

3.6.2. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUANTITATIVO 159

3.6.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE – N.T.P 331.202. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. 159

3.6.2.1.1. Cálculos de la prueba 159

3.6.2.1.2. Tabla del ensayo de compresión de abobe colonial..... 160

3.6.2.1.3. Análisis del ensayo de compresión de abobe colonial 160

3.6.2.1.4. Tabla del ensayo de compresión de abobe convencional 160

3.6.2.1.5. Análisis del ensayo de compresión de abobe convencional..... 160

3.6.2.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ADOBE – N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. 161

3.6.2.2.1. Cálculos de la prueba 161

3.6.2.2.2. Tabla del ensayo de compresión de abobe colonial..... 161

3.6.2.2.3. Análisis del ensayo de compresión de abobe colonial 162



3.6.2.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – N.T.P 331.202 ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER..... 162

3.6.2.3.1. Tabla de determinación del contenido de humedad..... 162

3.6.2.3.2. Análisis de la determinación del contenido de humedad..... 163

3.6.2.4. GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL CONFORMANTE DEL ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES. 163

3.6.2.4.1. Cálculo de la Granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado grueso..... 163

3.6.2.4.2. Análisis de la granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado grueso 164

3.6.2.4.3. Cálculo de la Granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado fino 164

3.6.2.4.4. Análisis de la granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado grueso 164

3.6.2.4.5. Cálculo de la granulometría del material conformante del adobe convencional. 165

3.6.2.4.6. Análisis de la granulometría del material conformante del adobe convencional 165

3.6.2.5. LÍMITES DE PLASTICIDAD – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES. 166

3.6.2.5.1. Cálculos de límites de plasticidad del material conformante del adobe colonial 166

3.6.2.5.2. Tabla de límites de plasticidad del material conformante del colonial 166

3.6.2.5.3. Análisis del ensayo de límites de plasticidad del material conformante del adobe 166

3.6.2.6. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL CONFORMANTE DEL ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES.... 166

3.6.2.6.1. Cálculos de la determinación del límite líquido del material conformante del adobe 166

3.6.2.6.2. Análisis de la determinación del límite líquido del material conformante del adobe 167

3.6.2.7. ESPESOR MÍNIMO DE LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES 167

3.6.2.7.1. Cálculos del espesor mínimo de los muros del templo..... 167

3.6.2.7.2. Análisis del espesor mínimo del templo San Cosme y San Damián de lares 168

3.6.2.8. ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS AXIALES EN LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES 168

3.6.2.8.1. Cálculos de los esfuerzos axiales del templo 168



3.6.2.8.2. Análisis de los esfuerzos axiales del templo 169

3.6.2.9. DETERMINACIÓN DE LA ESBELTEZ DE LOS MUROS DEL TEMPLO .. 169

3.6.2.9.1. Cálculos de la esbeltez de los muros del templo..... 169

3.6.2.9.2. Análisis de la esbeltez de los muros del templo 170

3.6.2.10. DETERMINACIÓN DE LA CARGA CRÍTICA EN LOS MUROS DEL TEMPLO DEL DISTRITO DE LARES..... 170

3.6.2.10.1. Cálculos de la carga crítica en los muros del templo 170

3.6.2.10.2. Análisis de la carga crítica en los muros del templo 171

3.6.2.11. ANÁLISIS SÍSMICO DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES 171

3.6.2.11.1. Cálculo del periodo del templo 171

3.6.2.11.2. Cálculo del coeficiente de amplificación sísmica del templo 172

3.6.2.11.3. Cálculo de la fuerza cortante en la base del templo 172

3.6.2.11.4. Cálculo del espectro del templo 173

3.6.2.11.5. Análisis del análisis sísmico del templo..... 174

3.6.2.12. MODELAMIENTO DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES EN EL SAP2000 174

3.6.2.12.1. Cálculos del modelamientos del templo San Cosme y San Damián de Lares en el SAP2000 174

3.6.2.12.2. Definición de los materiales..... 175

3.6.2.12.3. Definición de las secciones 177

3.6.2.13. ANÁLISIS DINÁMICO DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES 181

3.6.2.13.1. Definición del espectro de respuesta 181

3.6.2.13.2. Definición de las combinaciones de carga 182

3.6.2.14. CÁLCULO DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES DE LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN. 183

3.6.2.14.1. Desplazamientos del templo San Cosme y San Damián con carga tipo SISMO 183

3.6.2.14.2. Tabla de desplazamientos del templo San Cosme y San Damián con carga tipo SISMO 184

3.6.2.15. CÁLCULO DE REACCIONES EN LOS APOYOS DE LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES..... 186

3.6.2.15.1. Reacciones en los apoyos del templo San Cosme y San Damián con carga tipo SISMO 186

3.6.2.15.2. Tabla de reacciones en los apoyos del templo San Cosme y San Damián con carga tipo SISMO 186



3.6.2.16. CÁLCULO DE ESFUERZOS EN EL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES..... 189

3.6.2.16.1. Esfuerzos del templo San Cosme y San Damián de Lares sometido a carga tipo SISMO zona del muro, sobrecimiento y la unión del muro con el sobrecimiento..... 189

3.6.2.16.2. Tabla de esfuerzos en el muro de adobe del templo San Cosme y San Damián con carga tipo SISMO S11, S22 y S33..... 192

3.6.2.16.3. Tabla de esfuerzos en el sobrecimiento del templo San Cosme y San Damián de Lares con carga tipo SISMO S11, S22 y S33..... 195

3.6.2.16.4. Tabla de esfuerzos en la unión del muro de adobe con el sobrecimiento del templo San Cosme y San Damián de Lares con carga tipo SISMO S11, S22 y S33..... 197

3.6.3. ESTRUCTURA DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL NORMADA 200

3.6.3.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE – N.T.P 331.202. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. 200

3.6.3.1.1. Cálculos de la prueba..... 200

3.6.3.1.2. Tabla del ensayo de compresión de abobe colonial con empastado con fibras de polipropileno 200

3.6.3.1.3. Análisis del ensayo de compresión de abobe colonial con empastado de fibras de polipropileno 200

3.6.3.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ADOBE – N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. 201

3.6.3.2.1. Cálculos de la prueba..... 201

3.6.3.2.2. Tabla del ensayo de compresión de pilas adobe con empastado con fibras de polipropileno 201

3.6.3.2.3. Análisis del ensayo de compresión de adobe colonial con empastado de fibras de polipropileno 202

3.6.3.3. ANÁLISIS DE LA CARGA CRÍTICA EN LOS MUROS DEL TEMPLO 202

3.6.3.3.1. Cálculos de la prueba..... 203

3.6.3.3.2. Tabla de carga crítica en los muros del templo con empastado de fibras de polipropileno..... 203

3.6.3.3.3. Análisis de la carga crítica en los muros del templo con empastado de fibras de polipropileno 203

3.6.3.4. ANÁLISIS DINÁMICO DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES..... 204

3.6.3.4.1. Diafragma rígido 204

3.6.3.5. CÁLCULO DE DESPLAZAMIENTOS LATERALES DE LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN..... 205



3.6.3.5.1. Desplazamientos del templo San Cosme y San Damián con carga tipo SISMO en las direcciones X y Y..... 205

3.6.3.5.2. Tabla de desplazamientos de la estructura del templo San Cosme y San Damián de Lares posterior a una intervención estructural de restauración en las direcciones X y Y 206

3.6.4. CÁLCULO DE REACCIONES EN LOS APOYOS DE LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN..... 209

3.6.4.1. Reacciones en los apoyos del templo San Cosme y San Damián con carga tipo SISMO 209

3.6.4.1.1. Tabla de reacciones de la estructura del templo San Cosme y San Damián de Lares posterior a una intervención estructural de restauración en las direcciones X y Y..... 209

3.6.4.2. CÁLCULO DE ESFUERZOS DE LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN..... 212

3.6.4.2.1. Esfuerzos del templo San Cosme y San Damián de Lares sometido a carga tipo SISMO zona del muro, sobrecimiento y la unión del muro con el sobrecimiento 212

3.6.4.2.2. Tabla de esfuerzos en los muros de adobe de la estructura del templo San Cosme y San Damián de Lares posterior a una intervención estructural de restauración en las direcciones X y Y 216

3.6.4.2.3. Tabla de esfuerzos en el sobrecimiento de la estructura del templo San Cosme y San Damián de Lares posterior a una intervención estructural de restauración en las direcciones X y Y 221

3.6.4.2.4. Tabla de esfuerzos en el encuentro de los muros y el sobrecimiento de la estructura del templo San Cosme y San Damián de Lares posterior a una intervención estructural de restauración en las direcciones X y Y..... 225

3.6.4.3. DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ACCIONES DE INTERVENCIÓN AL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES 229

3.6.4.3.1. Tablas de acciones de intervención al templo San Cosme y San Damián de Lares 230

3.6.4.3.2. Sistema de evacuación de aguas pluviales 232

3.6.4.3.3. Edificaciones del albergue parroquial..... 232

CAPÍTULO IV..... 234

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN 234

4.1. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUALITATIVO 234

4.1.1. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE PATOLOGÍAS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES 234



4.1.2.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL NIVEL DE DAÑO DE LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES.....	235
4.1.1.	CUADRO RESUMEN DEL ANÁLISIS CUALITATIVO DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES.....	236
4.2.	ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUANTITATIVO	238
4.2.1.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE UNIDAD DE ADOBE COLONIAL	238
4.2.2.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE LOS PRISMAS DE ADOBE COLONIAL	238
4.2.3.	RESULTADOS DE LOS ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA DE ADOBE COLONIAL	238
4.2.3.1.	Granulometría del material conformante del adobe colonial	238
4.2.3.2.	Límites de plasticidad	239
4.2.4.	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SOBRECIMIENTO DE PIEDRA	239
4.2.5.	RESULTADOS DEL ESPESOR MÍNIMO DE LOS MUROS DE ADOBE DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES.....	239
4.2.6.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CARGA CRÍTICA EN LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES.....	240
4.2.7.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES.....	241
4.2.7.1.	Frecuencias y periodos del templo San Cosme y San Damián de Lares en caso modal	241
4.2.7.1.1.	Comparación de periodos obtenidos en el software y periodo calculado	241
4.2.8.	DESPLAZAMIENTOS RECUPERADOS OBTENIDOS EN LAS DIRECCIONES X y Y DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES SOMETIDOS A CARGA TIPO SISMO	243
4.2.8.1.	Desplazamientos recuperados en dirección x	243
4.2.8.2.	Desplazamientos recuperados en dirección Y	243
4.2.9.	REACCIONES EN LOS APOYOS OBTENIDOS EN LAS DIRECCIONES X y Y DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES SOMETIDO A CARGA TIPO SISMO.....	244
4.2.9.1.	Reacciones en los apoyos en dirección X	244
4.2.9.2.	Reacciones en los apoyos en dirección Y	245
4.2.10.	ESFUERZOS OBTENIDOS EN LAS DIRECCIONES X y Y DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES, SOMETIDO A ESFUERZOS S11, S22 Y S33 ..	246
4.2.10.1.	Esfuerzos en los muros	246



4.2.10.2. Esfuerzos en el sobrecimiento de los muros del Templo 252

4.2.10.3. Esfuerzos en la unión muro - sobrecimiento del Templo..... 257

4.2.11. CUADRO RESUMEN DEL ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES..... 263

4.2.12. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL NIVEL DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES..... 264

4.3. ESTRUCTURA DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN NORMADA - ANÁLISIS CUANTITATIVO 265

4.3.1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE UNIDAD DE ADOBE COLONIAL CON EMPASTADO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO 265

4.3.2. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN DE LOS PRISMAS DE ADOBE COLONIAL CON EMPASTADO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO 265

4.3.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LA CARGA CRÍTICA EN LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN..... 265

4.3.4. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN 266

4.3.4.1. Frecuencias y periodos del templo San Cosme y San Damián de Lares en caso modal 266

4.3.5. DESPLAZAMIENTOS RECUPERADOS OBTENIDOS EN LAS DIRECCIONES X y Y DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN SOMETIDOS A CARGA TIPO SISMO..... 268

4.3.5.1. Desplazamientos recuperados en dirección x 268

4.3.5.2. Desplazamientos recuperados en dirección Y 269

4.3.6. REACCIONES EN LOS APOYOS OBTENIDOS EN LAS DIRECCIONES X y Y DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES SOMETIDO A CARGA TIPO SISMO..... 270

4.3.6.1. Reacciones en los apoyos en dirección X 270

4.3.6.2. Reacciones en los apoyos en dirección Y 272

4.3.7. ESFUERZOS OBTENIDOS EN LAS DIRECCIONES X y Y DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES, SOMETIDO A ESFUERZOS S11, S22 Y S33 .. 273

4.3.7.1. Esfuerzos en los muros 273

4.3.7.2. Esfuerzos en el sobrecimiento de los muros del Templo 283

4.3.7.3. Esfuerzos en la unión muro - sobrecimiento del Templo..... 292

4.3.8. CUADRO RESUMEN DE LA EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA ESTRUCTURA DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN NORMADA..... 300



4.3.9. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL NIVEL DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL.....	302
4.3.10. RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ACCIONES DE INTERVENCIÓN AL TEMPLO	303
CAPÍTULO V.....	306
DISCUSIÓN.....	306
5.1. CONTRASTE DE RESULTADOS CON REFERENTES DEL MARCO TEÓRICO.....	306
5.2. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS ENCONTRADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	308
5.3. COMENTARIO DE LA DEMOSTRACIÓN DE LA HIPÓTESIS	310
5.4. APORTE DE LA INVESTIGACIÓN.....	310
5.5. INCORPORACIÓN DE TEMAS NUEVOS QUE SE HAN PRESENTADO DURANTE EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN QUE NO ESTABA CONSIDERADO DENTRO DE LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	311
CONCLUSIONES	314
RECOMENDACIONES	316
GLOSARIO	319
REFERENCIAS	323
PANEL FOTOGRÁFICO.....	326



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....	9
Tabla 2 Características Climatológicas del Distrito de Lares.....	13
Tabla 3 Nivel de seguridad respecto a la calidad del adobe	40
Tabla 4 Nivel de seguridad respecto al espesor mínimo de los muros.....	40
Tabla 5 Límites para desplazamientos laterales para entrepiso.....	40
Tabla 6 Nivel de seguridad respecto a desplazamientos laterales de los muros	40
Tabla 7 Nivel de seguridad respecto a los periodos de la estructura.....	41
Tabla 8 Descripción de daño severo.....	49
Tabla 9 Descripción de daño fuerte	50
Tabla 10 Descripción de daño moderado.....	50
Tabla 11 Descripción de daño muy leve	51
Tabla 12 Propiedades de los tipos de fibras	52
Tabla 13 Factores de Zona.....	56
Tabla 14 Parámetros del suelo	57
Tabla 15 Categoría de las edificaciones	58
Tabla 16 Irregularidades estructurales.....	59
Tabla 17 Sistemas estructurales.....	60
Tabla 18 Límites de desplazamiento lateral.....	60
Tabla 19 Factor de uso según el tipo de edificación	62
Tabla 20 Guía de observación de patologías del Templo	86
Tabla 21 Ficha de ensayo de compresión de unidades de adobe.....	87
Tabla 22 Ficha de determinación de contenido de humedad del material obtenido del unidades de adobe	88
Tabla 23 Ficha de granulometría del material conformante del unidades de adobe	89
Tabla 24 Ficha de determinación del límite plástico y líquido del material conformante de las unidades de adobe.....	90
Tabla 25 Ficha de cálculo de la resistencia a la compresión de unidades de adobe.....	91
Tabla 26 Ficha de descripción del daño presente en los muros del templo.....	92
Tabla 27 Ficha cálculo de espesor mínimo de los muros del templo.....	93
Tabla 28 Ficha cálculo de la esbeltez de los muros del templo.....	94
Tabla 29 Ficha cálculo de la aceleración espectral	95
Tabla 30 Tabla de metrado de cargas del Templo San Cosme y San Damián de Lares..	96
Tabla 31 Tabla de desplazamientos de la estructura con carga tipo SISMO.....	97
Tabla 32 Tabla de reacciones en los apoyos, con carga tipo SISMO.....	98
Tabla 33 Tabla de esfuerzos en los muros, con carga tipo SISMO	99



Tabla 34 Patologías Muro de pies..... 101

Tabla 35 Patologías Sacristía 101

Tabla 36 Patologías Muro del Evangelio..... 102

Tabla 37 Patologías Muro de la epístola 103

Tabla 38 Patologías Torre del campanario 104

Tabla 39 Patologías Muro Testero..... 105

Tabla 40 Resistencia a la compresión de unidades de adobe colonial..... 109

Tabla 41 Resistencia a la compresión de unidades de adobe convencional 110

Tabla 42 Medidas de los prismas de adobe..... 114

Tabla 43 Ensayo de compresión de los prismas de adobe 114

Tabla 44 Peso inicial y final de la muestra 116

Tabla 45 Granulometría del material conformante de las unidades..... 120
de adobe para agregados finos 120

Tabla 46 Granulometría del material conformante de las unidades..... 120
de adobe para agregados gruesos 120

Tabla 47 Limite plástico de las muestras. 121

Tabla 48 Limite líquido de las muestras. 123

Tabla 49 Proporciones de componentes del mortero de empaste..... 124

Tabla 50 Resistencia a la compresión de unidades de adobe con empaste de
polipropileno 129

Tabla 51 Medidas de los prismas de adobe más empastado de fibras de polipropileno
..... 132

Tabla 52 Ensayo de compresión de los prismas de adobe más empastado de fibras de
polipropileno 132

Tabla 53 Patologías: muro de pies..... 134

Tabla 54 Patologías: muro de la epístola 135

Tabla 55 Patologías: muro del evangelio 137

Tabla 56 Patologías: muro testero 139

Tabla 57 Patologías: sacristía..... 140

Tabla 58 Patologías: techo 140

Tabla 59 Patologías: torre del campanario..... 143

Tabla 60 Patologías del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares 147

Tabla 61 Descripción de daño en muros..... 148

Tabla 62 Daño en el Muro de pies 149

Tabla 63 Daño en la sacristía 150

Tabla 64 Daño en el Muro de la epístola..... 151

Tabla 65 Daño en el Muro de la epístola..... 152



Tabla 66 Daño en el Muro del evangelio..... 153

Tabla 67 Daño en el Muro del evangelio..... 154

Tabla 68 Daño en el muro testero..... 155

Tabla 69 Daño en la torre del campanario 156

Tabla 70 Daño en la torre del campanario 157

Tabla 71 Determinación del daño en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares 159

Tabla 72 Ensayo de compresión de adobe colonial..... 160

Tabla 73 Ensayo de compresión de adobe convencional 160

Tabla 74 Factor de correccion de los prismas de adobe 161

Tabla 75 Factor de correccion de los prismas de adobe 162

Tabla 76 Resistencia a compresión de los prismas de adobe..... 162

Tabla 77 Contenido de humedad del meterial conformante del adobe..... 163

Tabla 78 Porcentajes de material retenido en cada malla. Agregado grueso 163

Tabla 79 Porcentajes de material retenidos en cada malla. Agregado fino 164

Tabla 80 Porcentaje de material retenido en cada malla. Agregado fino..... 165

Tabla 81 Límite plástico del material conformante del adobe colonial..... 166

Tabla 82 Límite de consistencia del material conformante del adobe colonial 166

Tabla 83 Límite Líquido del material conformante del adobe colonial 167

Tabla 84 Espesor de los muros del templo 168

Tabla 85 Esfuerzo axial en los muros del templo 169

Tabla 86 Esbeltez en los muros del templo..... 169

Tabla 87 Carga crítica en los muros del templo 170

Tabla 88 Valores de Periodo y Aceleración Espectral..... 173

Tabla 89 Desplazamientos laterales recuperados para carga tipo SISMO en la dirección X y Y..... 184

Tabla 90 Reacciones en los apoyos para carga tipo SISMO en dirección X y Y 187

Tabla 91 Esfuerzos del templo en el muro sometido a carga tipo SISMO S11, S22 y S33 192

Tabla 92 Esfuerzos del templo en el sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO S11, S22 y S33..... 195

Tabla 93 Esfuerzos del templo en el encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga tipo SISMO S11, S22 y S33 197

Tabla 94 Ensayo de compresión de adobe colonial con empastado..... 200

Tabla 95 Factor de correccion de los prismas de adobe 201

Tabla 96 Factor de corrección de los prismas de adobe más empaste de fibras de polipropileno 202



Tabla 97 Resistencia a compresión de los prismas de adobe más empaste de fibras de polipropileno202

Tabla 98 Carga crítica en los muros del templo con empastado de fibras de polipropileno203

Tabla 99 Desplazamientos laterales recuperados para carga tipo SISMO en la dirección X y Y.....207

Tabla 100 Reacciones en los apoyos para carga tipo SISMO en dirección X y Y209

Tabla 101 Esfuerzos del templo en la zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S11)217

Tabla 102 Esfuerzos del templo en la zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S22)218

Tabla 103 Esfuerzos del templo en la zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S33)219

Tabla 104 Esfuerzos del templo en el sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO (S11)221

Tabla 105 Esfuerzos del templo en la zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO (S22)222

Tabla 106 Esfuerzos del templo zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO (S33).....223

Tabla 107 Esfuerzos del templo en el encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga tipo SISMO (S11).....225

Tabla 108 Esfuerzos del templo en el encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga tipo SISMO (S22).....226

Tabla 109 Esfuerzos del templo en el encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga tipo SISMO (S33).....227

Tabla 110 Acciones de intervención en el muro de Pies230

Tabla 111 Acciones de intervención en el Muro de la Epístola230

Tabla 112 Acciones de intervención en el Muro del Evangelio.....231

Tabla 113 Acciones de intervención en el Muro Testero.....231

Tabla 114 Acciones de intervención en la Torre del Campanario.....231

Tabla 115 Niveles de patologías del templo.....234

Tabla 116 Estado de daño de losmuros del templo235

Tabla 117 Cuadro resumen de la evaluacion cualitativa de la estructura actual del templo San Cosme y San Damián de Lares236

Tabla 118 F´o de los adobes ensayados238

Tabla 119 Esfuerzo admisible a compresión de los prismas de adobe colonial238

Tabla 120 Característica del sobrecimiento de piedra.....239



Tabla 121 Espesor de los muros del templo240

Tabla 122 Carga crítica en los muros del templo240

Tabla 123 Periodos y frecuencias del modelo del templo actual con carga tipo MODAL
.....241

Tabla 124 Periodos del modelo del templo en el software242

Tabla 125 Desplazamientos laterales recuperados para carga tipo SISMO en la
dirección X.....243

Tabla 126 Desplazamientos laterales recuperados para carga tipo SISMO en la
dirección Y.....244

Tabla 127 Reacciones en los apoyos para carga tipo SISMO en dirección X244

Tabla 128 Reacciones en los apoyos para carga tipo SISMO en dirección Y245

Tabla 129 Esfuerzos del templo zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S11)....246

Tabla 130 Esfuerzos S11 en el templo247

Tabla 131 Esfuerzos del templo zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S22)....248

Tabla 132 Esfuerzos S22 en el templo248

Tabla 133 Esfuerzos del templo zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S33)....250

Tabla 134 Esfuerzos S33 en el templo.....250

Tabla 135 Esfuerzos del templo zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO
(S11).....252

Tabla 136 Esfuerzos S11 en el sobrecimiento del templo.....252

Tabla 137 Esfuerzos del templo zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO
(S22).....254

Tabla 138 Esfuerzos S22 en el sobrecimiento del templo.....254

Tabla 139 Esfuerzos del templo zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO
(S33).....255

Tabla 140 Esfuerzos S33 en el sobrecimiento del templo.....256

Tabla 141 Esfuerzos del templo, encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga
tipo SISMO (S11).....257

Tabla 142 Esfuerzos S11 en la unión muro -sobrecimiento del templo258

Tabla 143 Esfuerzos del templo, encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga
tipo SISMO (S22).....259

Tabla 144 Esfuerzos S22 en la unión muro -sobrecimiento del templo259

Tabla 145 Esfuerzos del templo, encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga
tipo SISMO (S33).....261

Tabla 146 Esfuerzos S33 en la unión muro -sobrecimiento del templo261

Tabla 147 Resumen de la evaluación cuantitativa de la estructura actual del templo ...263

Tabla 148 Análisis del nivel de seguridad del templo264



Tabla 149 F´o de los adobes ensayados265

Tabla 150 Esfuerzo admisible a compresi3n de los prismas de adobe colonial265

Tabla 151 Carga cr´tica en los muros del templo266

Tabla 152 Periodos y frecuencias del modelo del templo m´s empaste con fibras de polipropileno con carga tipo MODAL.....266

Tabla 153 Periodos y frecuencias del modelo del templo rigidizado con carga tipo MODAL.....267

Tabla 154 Desplazamientos laterales recuperados para carga tipo SISMO en la direcci3n X.....268

Tabla 155 Desplazamientos laterales recuperados para carga tipo SISMO en la direcci3n Y.....269

Tabla 156 Reacciones en los apoyos para carga tipo SISMO en direcci3n X270

Tabla 157 Reacciones en los apoyos para carga tipo SISMO en direcci3n Y272

Tabla 158 Esfuerzos del templo zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S11)....274

Tabla 159 Esfuerzos S11 en el muro templo275

Tabla 160 Esfuerzos del templo zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S22)....277

Tabla 161 Esfuerzos S22 en el templo278

Tabla 162 Esfuerzos del templo zona del muro sometido a carga tipo SISMO (S33)....280

Tabla 163 Esfuerzos S33 en el templo.....281

Tabla 164 Esfuerzos del templo zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO (S11).....283

Tabla 165 Esfuerzos S11 en el sobrecimiento del templo.....284

Tabla 166 Esfuerzos del templo zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO (S22).....286

Tabla 167 Esfuerzos S22 en el sobrecimiento del muro del templo287

Tabla 168 Esfuerzos del templo zona del sobrecimiento sometido a carga tipo SISMO (S33).....289

Tabla 169 Esfuerzos S33 en el sobrecimiento del templo.....290

Tabla 170 Esfuerzos del templo, encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga tipo SISMO (S11).....292

Tabla 171 Esfuerzos S11 en la uni3n muro -sobrecimiento del templo293

Tabla 172 Esfuerzos del templo, encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga tipo SISMO (S22).....295

Tabla 173 Esfuerzos S22 en la uni3n muro -sobrecimiento del templo296

Tabla 174 Esfuerzos del templo, encuentro del muro y sobrecimiento, sometido a carga tipo SISMO (S33).....298

Tabla 175 Esfuerzos S33 en la uni3n muro -sobrecimiento del templo299



Tabla 176 Cuadro resumen de la evaluación cuantitativa del templo posterior a una intervención normada301

Tabla 177 Análisis del nivel se seguridad del templo con fibras de polipropileno302

Tabla 178 Análisis del nivel se seguridad del templo rigidizado303

Tabla 179 Acciones de intervención en el Templo San Cosme y San Damián de Lares303

Tabla 180 Metrado cargas estructura de techo de la nave.....345

Tabla 181 Metrado cargas estructura de techo de la sacristía346

Tabla 182 Metrado cargas estructura de techo de la torre347

Tabla 183 Metrado cargas primer nivel nave347

Tabla 184 Metrado cargas directas primer nivel nave347

Tabla 185 Cargas primer nivel nave348

Tabla 186 Metrado cargas segundo nivel nave349

Tabla 187 Metrado cargas directas segundo nivel nave349

Tabla 188 Cargas segundo nivel nave349

Tabla 189 Metrado cargas tercer nivel nave350

Tabla 190 Metrado cargas directas tercer nivel nave350

Tabla 191 Metrado cargas indirectas tercer nivel nave350

Tabla 192 Cargas tercer nivel nave351

Tabla 193 Metrado cargas primer nivel sacristía351

Tabla 194 Metrado cargas directas primer nivel sacristía.....352

Tabla 195 Cargas primer nivel sacristía352

Tabla 196 Metrado cargas segundo nivel sacristía352

Tabla 197 Metrado cargas directas segundo nivel sacristía.....352

Tabla 198 Metrado cargas indirectas segundo nivel sacristía353

Tabla 199 Cargas segundo nivel sacristía353

Tabla 200 Metrado cargas primer nivel torre.....354

Tabla 201 Metrado cargas directas primer nivel sacristía354

Tabla 202 Cargas primer nivel torre.....354

Tabla 203 Metrado cargas segundo nivel torre355

Tabla 204 Metrado cargas directas segundo nivel torre.....355

Tabla 205 Cargas segundo nivel torre355

Tabla 206 Metrado cargas tercer nivel torre.....356

Tabla 207 Metrado cargas directas tercer nivel torre356

Tabla 208 Metrado cargas indirectas tercer nivel torre.....357

Tabla 209 Cargas tercer nivel torre.....357

Tabla 210 Resumen de cargas de los muros de la Nave357

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Ubicación del templo San Cosme y San Damián de Lares	11
Figura 2 Vista de la plaza de armas de Lares	12
Figura 3 Vista de la entrada al distrito de Lares	13
Figura 4 Vista del distrito de Lares.....	14
Figura 5 Ríos del distrito de Lares	15
Figura 6 San Cosme y San Damián.....	15
Figura 7 Torre del campanario del templo San Cosme y San Damián	16
Figura 8 Fachada del templo San Cosme y San Damián.....	17
Figura 9 Vista en planta del templo San Cosme y San Damián de Lares.....	18
Figura 10 Sotocoro del templo San Cosme y San Damián de Lares.....	19
Figura 11 Nave del templo San Cosme y San Damián de Lares.....	19
Figura 12 Muro del evangelio del templo San Cosme y San Damián de Lares	20
Figura 13 Altar mayor del templo San Cosme y San Damián de Lares	20
Figura 14 Vista exterior de la sacristía del templo San Cosme y San Damián de Lares..	21
Figura 15 Fachada principal del templo San Cosme y San Damián de Lares	22
Figura 16 Torre del templo San Cosme y San Damián de Lares	23
Figura 17 Muro de la epístola. Templo San Cosme y San Damián de Lares	23
Figura 18 Muro del evangelio. Templo San Cosme y San Damián de Lares.....	24
Figura 19 Vista exterior del muro testero.	25
Figura 20 Techo deteriorado de calamina. Templo San Cosme y San Damián de Lares.	25
Figura 21 Procesos patológicos.....	43
Figura 22 Geometría de los bordes de una grieta	45
Figura 23 Módulo de elasticidad	53
Figura 24 Deformación debida a esfuerzos de tensión y de compresión.....	55
Figura 25 Deformación debida a los esfuerzos cortantes.....	55
Figura 26 Zonas Sísmicas	56
Figura 27 Muro cortante.....	63
Figura 28 Objeto diseñado con plantilla Solid	66
Figura 29 Efecto de reforzamiento	72
Figura 30 Efecto de rigidización.....	72
Figura 31 Efecto del incremento de la capacidad de deformación	73
Figura 32 Efecto del incremento de la capacidad de disipación de energía	74
Fuente: Propia	92
Figura 33 Unidades de adobe y cubos tallados para ensayos de compresión	106
Figura 34 Se pesó los cubos de adobe en el laboratorio.....	106



Figura 35 Programación de la máquina de compresión para iniciar el ensayo. 107

Figura 36 Espécimen de adobe colonial en la máquina de compresión. 107

Figura 37 Espécimen de adobe colonial en la máquina de compresión después del ensayo. 108

Figura 38 Espécimen de adobe convencional en la máquina de compresión después de ser ensayado 108

..... 108

Figura 39 Cubos de adobe luego del ensayo de compresión..... 109

Figura 40 Pilas de adobe listos para el ensayo de compresión..... 112

Figura 41 Medición de las pilas de adobe 112

Figura 42 Pila de adobe colonial en la máquina de compresión..... 113

Figura 43 Pila de adobe actual en la máquina de compresión. 113

Figura 44 Pilas de adobe después del ensayo de compresión..... 114

Figura 45 Material resultante del ensayo de compresión 115

Figura 46 Se pesa la muestra para determinar su humedad..... 115

Figura 47 Las muestras son colocadas al horno. 116

Figura 48 Peso de la muestra sacada del horno 116

Figura 49 Tamices 117

Figura 50 Muestra de adobe para granulometría 117

Figura 51 Cuarteo del material para el ensayo 118

Figura 52 Se pesa el material a tamizar 118

Figura 53 El material se hecha a los tamices. 118

Figura 54 Tamizado del material..... 119

Figura 55 Diferentes granulometrías del adobe 119

Figura 56 Se forma cilindros delgados con la muestra..... 121

Figura 57 Aparato de Casagrande 121

Figura 58 Procedimiento del ensayo de Límite Líquido 122

Figura 59 Finalizada el ensayo, las muestras se llevan al horno..... 122

Figura 60 Preparación del mortero..... 124

Figura 61 Medición del empaste en un cubo de madera..... 124

Figura 62 Empaste y las fibras de polipropileno..... 125

Figura 63 Preparación de empaste con 6.25 gr. De fibra de polipropileno 125

Figura 64 Preparación de empaste con 12.5 gr. De fibra de polipropileno 125

Figura 65 Empastado de los cubos de adobe con mortero 126

Figura 66 Cubos de adobe listos para ensayar. 126

Figura 67 Ensayo de compresión: cubos con empaste A..... 127

Figura 68 Ensayo de compresión: cubos con empaste B..... 127



Figura 69 Ensayo de compresión y toma de datos. 128

Figura 70 Preparación del empaste 130

Figura 71 Pila de adobe colonial más empaste en la máquina de compresión 131

Figura 72 Pila de adobe actual más empaste en la máquina de compresión 131

Figura 73 Pilas de adobe después del ensayo de compresión..... 131

Figura 74 Patologías: muro de Pies 134

Figura 75 Patologías: muro de la Epístola 135

Figura 76 Patologías: muro de la Epístola (interior) 136

Figura 77 Patologías: muro del Evangelio (interior) 137

Figura 78 Patologías: muro del Evangelio (exterior)..... 138

Figura 79 Patologías: muro Testero 139

Figura 80 Patologías: Sacristía 140

Figura 81 Patologías: Techo 141

Figura 82 Patologías: Techo (interior)..... 142

Figura 83 Patologías: Torre del campanario 143

Figura 84 Patologías: Torre del campanario (vista lateral)..... 144

Figura 85 Curva granulométrica de agregados gruesos..... 163

Figura 86 Curva granulométrica de agregados finos..... 164

Figura 87 Curva granulométrica de agregados finos..... 165

Figura 88 Limite líquido..... 167

Figura 89 Espectro de Diseño..... 174

Figura 90 Definición de las propiedades del adobe colonial y adobe colonial más empastado..... 176

Figura 91 Definición de las propiedades del material sobrecimiento 176

Figura 92 Definición de las propiedades del material eucalipto 176

Figura 93 Definición de sección de área del muro de la Epístola y muro del Evangelio del templo..... 177

Figura 94 Definición de sección de área tipo Shell del muro de Pies 177

Figura 95 Definición de sección de los muros de la torre: torre1, torre2, torre3..... 178

Figura 96 Definición de sección de los muros de la sacristía. 178

Figura 97 Definición de sección de del sobrecimiento de la Epístola y del Evangelio del templo..... 178

Figura 98 Definición de sección de del sobrecimiento del muro de Pies y muro Testero del templo..... 179

Figura 99 Definición de sección de área tipo Shell del sobrecimiento de la torre 179

Fuente: Elaboración Propia..... 179

Figura 100 Definición de sección del sobrecimiento de la sacristía..... 179



Fuente: Elaboración Propia..... 179

Figura 102 Definición de sección tipo Frame de la viga arrocabe. 180

Figura 103 Templo San Cosme y San Damián modelado en SAP2000 – vista en planta
..... 180

Figura 104 Templo San Cosme y San Damián modelado en SAP2000 en 3D..... 181

Figura 105 Ventana de Asignación del Espectro de Respuesta..... 182

Figura 106 Ventana de Asignación del Sismo..... 182

Figura 107 Estructura actual del templo sometida a carga tipo SISMO, Geometría
deformada – Vista frontal..... 183

Figura 108 Estructura actual del templo sometida a carga tipo SISMO, Geometría
deformada – Vista del muro del Evangelio..... 183

Figura 109 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista del muro del Evangelio 185

Figura 110 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista frontal 185

Figura 111 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista del muro de la Epístola ... 185

Figura 112 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista posterior 186

Figura 113 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio ... 188

Figura 114 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal 188

Figura 115 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista del muro de la Epístola 188

Figura 116 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista posterior – muro testero... 189

Figura 117 Estructura actual del templo sometida a carga SISMO S11 – vista frontal .. 189

Figura 118 Estructura actual del templo sometida a carga SISMO S11 – vista del muro
del Evangelio 190

Figura 119 Estructura actual del templo sometida a carga SISMO S22 – vista frontal .. 190

Figura 120 Estructura actual del templo sometida a carga SISMO S22 – vista del muro
del Evangelio 191

Figura 121 Estructura actual del templo sometida a carga SISMO S33 – Vista frontal.. 191

Figura 122 Estructura actual del templo sometida a carga SISMO, S33 – Vista del muro
del Evangelio 192

Fuente: Propia. 192

Figura 123 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio .. 193

Figura 124 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal 194

Figura 125 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro de la Epístola .. 194

Figura 126 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista posterior 194

Figura 127 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio .. 196

Figura 128 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal 196

Figura 129 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro de la Epístola .. 196

Figura 130 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista posterior 197



Figura 131 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio ..198

Figura 132 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal198

Figura 133 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro de la Epístola ..199

Figura 134 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista posterior199

Figura 135 Asignación de diafragma rígido en la parte superior de la nave y de la torre
.....204

Figura 136 Estructura del templo con empaste de fibras de polipropileno sometida a
carga tipo SISMO, Geometría deformada – vista frontal.....205

Figura 137 Estructura del templo con empaste de fibras de polipropileno sometida a
carga tipo SISMO, Geometría deformada – vista del muro del Evangelio.....205

Figura 138 Estructura del templo rigidizada sometida a carga tipo SISMO, Geometría
deformada – vista frontal206

Figura 139 Estructura del templo rigidizada sometida a carga tipo SISMO, Geometría
deformada – vista del muro del evangelio.....206

Figura 140 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista del muro del Evangelio208

Figura 141 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista frontal208

Figura 142 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista del muro de la Epístola ...208

Figura 143 Zonas del Templo modelado en SAP2000, Vista posterior209

Figura 144 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio ...211

Figura 145 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal211

Figura 146 Zonas del Templo modelado en SAP2000 Vista del muro de la Epístola211

Figura 147 Zonas del Templo modelado en SAP2000 Vista posterior – muro testero...212

Figura 148 Estructura del templo reforzada con empaste con polipropileno sometida a
carga SISMO S11 – Vista frontal212

Figura 149 Estructura del templo reforzada con empaste con polipropileno sometida a
carga SISMO S11 – Vista del muro del Evangelio213

Figura 150 Estructura del templo reforzada con empaste con polipropileno sometida a
.....213

carga SISMO S22 – Vista frontal213

Figura 151 Estructura del templo reforzada con empaste con polipropileno sometida a
carga SISMO S22 – Vista del muro del Evangelio213

Figura 152 Estructura del templo reforzada con empaste con polipropileno sometida a
carga SISMO S33 – Vista frontal214

Figura 154 Estructura rigidizada del templo sometida a carga SISMO S11 – vista frontal
.....214

Figura 155 Estructura rigidizada del templo sometida a carga SISMO S11 – vista del
muro del Evangelio215



Figura 156 Estructura rigidizada del templo sometida a carga SISMO S22 – vista frontal215

Figura 157 Estructura rigidizada del templo sometida a carga SISMO S22 – vista del muro del Evangelio215

Figura 158 Estructura rigidizada del templo sometida a carga SISMO S33 – vista frontal216

Figura 159 Estructura rigidizada del templo sometida a carga SISMO S33 – vista del muro del Evangelio216

Figura 160 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio ..220

Figura 161 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal220

Figura 162 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro de la Epístola ..220

Figura 163 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista posterior221

Figura 164 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio ..224

Figura 165 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal224

Figura 166 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro de la Epístola ..224

Figura 167 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista posterior225

Figura 168 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro del Evangelio ..228

Figura 169 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista frontal228

Figura 170 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista del muro de la Epístola ..228

Figura 171 Zonas del Templo modelado en SAP2000 - Vista posterior229

Figura 154 Comparación de periodos de los modelos del templo267

Figura 173 Comparación de frecuencias de los modelos del templo.....267

Figura 174 Desplazamientos laterales recuperados en la dirección X269

Figura 175 Desplazamientos laterales recuperados en la dirección Y270

Figura 176 Reacciones en los apoyos en la dirección X en la nave271

Figura 177 Reacciones en los apoyos en la dirección X en la torre271

Figura 178 Reacciones en los apoyos en la dirección Y en la nave273

Figura 179 Reacciones en los apoyos en la dirección Y en la torre273

Figura 180 Esfuerzos S11 en el muro.....274

Figura 181 Esfuerzos S22 en el muro.....277

Figura 182 Esfuerzos S33 en el muro.....281

Figura 183 Esfuerzos S11 en el sobrecimiento.....284

Figura 184 Esfuerzos S22 en el sobrecimiento.....287

Figura 185 Esfuerzos S33 en el sobrecimiento.....290

Figura 186 Esfuerzos S11 en la unión muro - sobrecimiento293

Figura 187 Esfuerzos S22 en la unión muro - sobrecimiento295

Figura 188 Esfuerzos S33 en la unión muro - sobrecimiento298



Figura 189 Estructura de techo de la nave.....345

Figura 190 Estructura de techo de la sacristía346

Figura 191 Planta primer nivel - Nave.....347

Figura 192 Áreas de influencia - Planta primer nivel – Nave.....348

Figura 193 Planta segundo nivel – Nave.....348

Figura 194 Áreas de influencia - Planta segundo nivel – Nave349

Figura 195 Planta tercer nivel – Nave349

Figura 196 Áreas de influencia - Planta tercer nivel – Nave.....351

Figura 197 Planta primer nivel – Sacristía.....351

Figura 198 Áreas de influencia - Planta primer nivel – Sacristía352

Figura 199 Planta segundo nivel – Sacristía352

Figura 200 Áreas de influencia - Planta segundo nivel – Sacristía353

Figura 201 Planta primer nivel – Torre.....353

Figura 202 Áreas de influencia - Planta primer nivel – Torre.....354

Figura 203 Planta segundo nivel – Torre354

Figura 204 Áreas de influencia - Planta segundo nivel – Torre355

Figura 205 Planta tercer nivel – Torre.....356

Figura 206 Áreas de influencia - Planta segundo nivel – Torre357



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El templo colonial de San Cosme y San Damián del distrito de Lares, presenta una estructura hecha a base de muros de adobe y sobrecimiento de piedra; los cuales, por el paso del tiempo, las condiciones climáticas del distrito de Lares y la ausencia de mantenimiento, expone distintos tipos de patologías, que generan problemas de deterioro a su estructura, afectando su resistencia, rigidez y estabilidad. Esto genera la disminución del nivel de seguridad estructural del templo, poniendo en riesgo a las personas que asisten a este lugar.

Es por esto que es importante la intervención estructural del templo colonial de San Cosme y San Damián del distrito de Lares, respetando las Cartas Internacionales de restauración para monumentos históricos.

1.1.2. FORMULACIÓN INTERROGATIVA DEL PROBLEMA

1.1.2.1. Formulación de interrogativa del problema general

¿Qué nivel de seguridad estructural alcanzarían los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares frente a la aplicación de una propuesta de intervención estructural de restauración mediante una técnica normalizada?

1.1.2.2. Formulación de interrogativa de los problemas específicos

- ❖ **Problema n° 1:** ¿Cuáles son las características físico mecánicas de los componentes de los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares?
- ❖ **Problema n° 2:** ¿Cuál es la magnitud de las fuerzas y esfuerzos internos de los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito



de Lares, producto de sus solicitudes actuales y que nivel de seguridad estructural le corresponde?

- ❖ **Problema n° 3:** ¿Qué tipos de patologías se evidencian en los muros conformantes del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares?
- ❖ **Problema n°4:** ¿Qué tipos de intervenciones normativas de restauración se pueden aplicar en el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares?
- ❖ **Problema n° 5:** ¿Qué magnitud tendrían las fuerzas y esfuerzos internos en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares posterior a la propuesta de intervención estructural de restauración y qué nivel de seguridad estructural le correspondería?

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Esta investigación se enmarca en el contexto de la línea de estructuras, en la especialidad de albañilería estructural; con implicancia en materiales de construcción y la resistencia de materiales.

Es significativo analizar estructuralmente el templo San Cosme y San Damián de Lares para poder hallar un método adecuado de reforzamiento con intervenciones estructurales de restauración normadas, para mejorar su respuesta estructural y evitar que colapse ante eventos sísmicos, evaluando su resistencia y rigidez.

1.2.2. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA SOCIAL

Con esta investigación, se verán favorecidos los alumnos de la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Andina del Cusco, en la medida en que los procedimientos implementados para la identificación de patologías y la técnica de empaste estructural podrán ser considerados en estudios semejantes para la atención de edificaciones patrimoniales. Ya que los datos obtenidos en esta tesis serán de gran ayuda para futuras investigaciones o posibles intervenciones de monumentos históricos.



En la medida que esta información pueda ser difundida, los datos obtenidos en esta tesis podrán servir como ayuda para que las instituciones encargadas utilicen técnicamente esta propuesta de intervención.

1.2.3. JUSTIFICACIÓN POR VIABILIDAD

Esta investigación se podrá realizar gracias al acceso a los diferentes planos e información necesaria del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares. Se hizo uso de la normativa correspondiente para este trabajo de investigación: en el caso de los ensayos se utilizó la N.T.P 331.202 ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros, Métodos de ensayo. Y la N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. Para el análisis de los datos obtenidos se utilizaron las normas: E.080. Adobe, E.030. Diseño Sismo Resistente, E.070. Albañilería, E.020. Cargas.

El análisis estructural se pudo realizar con asistencia de software educativo SAP2000.

La tesista dispone de tiempo y de los recursos económicos necesarios para el logro de la presente investigación.

1.2.4. JUSTIFICACIÓN POR RELEVANCIA

En esta investigación se plantean procedimientos de caracterización de patologías estructurales en edificaciones coloniales de adobe, de otro lado se plantea una intervención estructural de restauración, que respetando la condición patrimonial de la edificación, tenga un efecto sobre la respuesta de la estructura.

Es importante mencionar que la evaluación del comportamiento de este tipo de estructuras no es una práctica diaria en el ejercicio profesional. Por consiguiente los procedimientos implementados constituirían un aporte a la formación académica de los estudiantes de la Universidad Andina del Cusco.



De otro lado se hacen uso de bases teóricas de normas americanas (ATC-40) y Cartas Internacionales de Restauración como la Carta de Venecia (1964) y la Carta de Cracovia (2000).

El templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares es reconocido por el Ministerio de Cultura como Patrimonio Cultural, es por esto que su conservación y preservación a través del tiempo es fundamental.

Con la intervención de restauración del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares se podrá revalorar su valor histórico, social y religioso. También se podrá visitarlo como un atractivo turístico generando fuentes de ingreso a la población de Lares.

1.3. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- 1.3.1. El ámbito de influencia del trabajo de investigación es el distrito de Lares. Esta investigación se realizará en el templo de San Cosme y San Damián del distrito de Lares provincia de Calca, departamento del Cusco.
- 1.3.2. La intervención estructural propuesta estará orientada fundamentalmente a un reforzamiento a partir del incremento de la rigidez y resistencia a compresión de los muros de la estructura.
- 1.3.3. El material predominante del templo es el adobe (unidades de 60 x 30 x 15 cm) y sobrecimiento de piedra grande de 5" a 8" pulgadas, unidos por mortero de tierra, construido aproximadamente en los primeros años del siglo XVII.
- 1.3.4. Propiedades de los materiales del templo:
 - ❖ Propiedades físicas de la unidad de adobe: granulometría, límites de plasticidad y porcentaje de humedad. Para esto se utilizó el Manual de Laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil. Joseph E. Bowles.
 - ❖ Resistencia a la compresión del adobe, se utilizaron las normas: N.T.P 331.202 ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros, Métodos de ensayo. Y la N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.



- ❖ Se calculó el módulo de elasticidad del adobe basándose en el f'ó de este material, conforme a la investigación: Cálculo y análisis de estructuras de adobe. España. Universidad de Málaga.
- 1.3.5. Se ha podido caracterizar fundamentalmente el material adobe en la medida que se encontró unidades muestreables en la etapa de intervención por parte del Ministerio de Cultura, no se ha caracterizado los materiales de sobrecimiento y cimiento, ya que es imposible obtener muestras inalteradas, sin embargo, se obtuvo datos de estudios con similares características, por lo que se asumió datos como el módulo de elasticidad, así como características del eucalipto tomados de la norma E.010.
- 1.3.6. En esta investigación no se han analizado los componentes del mortero ni sus características físico mecánicas, ya que la obtención de muestras representativas es muy dificultosa, lo que no aseguraría que esta sea similar al resto del conjunto en análisis.
- 1.3.7. Para la identificación de las patologías estructurales en el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, en esta investigación, se utilizó el libro *“Patología en la Construcción y Restauo en Obras de Arquitectura”* del arquitecto Enrique Zanni (2008) como referente, ya que en este texto se describe de manera puntual las características de las patologías representativas en este tipo de edificaciones.
- 1.3.8. Las características del producto tecnológico utilizado en el empastado estructural se encuentran en el anexo N°5 – Ficha técnica de fibras de polipropileno.
- 1.3.9. El análisis estructural del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares ha sido asistido con el software SAP2000, para el que se utilizó un análisis sísmico modal espectral.
- 1.3.10. En la medida que nuestro país no cuenta con una normativa o con una definición de seguridad estructural propia, se toma este concepto del Instituto Mexicano de Seguridad Social que define la seguridad estructural como la resistencia, rigidez, estabilidad y condiciones de servicio que presentan las edificaciones, tanto en sus partes estructurales como en su conformación en conjunto con los demás elementos. Para la presente investigación, el concepto de nivel de seguridad estructural se basará en los siguientes indicadores: calidad de la unidad de adobe, espesor mínimo



del muro, desplazamientos laterales y los periodos de vibración de la estructura del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares.

- 1.3.11. Para efecto del modelo estructural, las condiciones de borde referidas al suelo son las mismas que se consideran para el análisis de edificaciones; es decir nodos empotrados en la base de la cimentación.
- 1.3.12. Para efectos de la construcción del espectro de diseño, se consideró un perfil de suelo S2 de acuerdo a la Norma E.030 Diseño Sismo Resistente, ya que se contó con un estudio drenado de esfuerzo axial, que se presenta en el anexo N°6.
- 1.3.13. Esta investigación evalúa el comportamiento de la superestructura.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar y determinar el nivel de seguridad estructural que se alcanzaría en el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares producto de la aplicación de una propuesta de intervención estructural de restauración mediante una técnica normalizada.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ **Objetivo n° 1:** Determinar las características físico mecánicas de los materiales constituyentes de los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares.
- ❖ **Objetivo n° 2:** Efectuar el análisis estructural del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares para evaluar la magnitud de las fuerzas, esfuerzos y desplazamientos en sus elementos estructurales producto de sus sollicitaciones actuales y determinar su nivel de seguridad estructural.
- ❖ **Objetivo n° 3:** Identificar y catalogar los tipos de patologías estructurales según su origen en el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares para luego clasificarlos de acuerdo a sus características.
- ❖ **Objetivo n° 4:** Identificar los tipos de intervenciones normadas aplicables al templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares según las cartas internacionales de restauración para elevar su nivel de seguridad estructural.



- ❖ **Objetivo n° 5:** Efectuar el análisis estructural del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares para evaluar la magnitud de las fuerzas, esfuerzos y desplazamientos en sus elementos estructurales posterior a la propuesta de intervención estructural de restauración y determinar su nivel de seguridad estructural.

1.5. HIPÓTESIS

1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL

Con la aplicación de la propuesta de intervención estructural de restauración al templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares mediante una técnica normalizada se incrementará su nivel de seguridad estructural de una condición de Peligro a una condición Baja.

1.5.2. SUB HIPÓTESIS

- ❖ **Sub hipótesis n°1:** A partir de una investigación en laboratorio e investigaciones exploratorias será posible determinar las características de los componentes del muro del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares.
- ❖ **Sub hipótesis n° 2:** Las magnitudes de fuerzas y esfuerzos determinan desplazamientos laterales mayores a 8 cm y periodos de vibración mayores a 1.2 s en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares lo que evidencia el nivel de seguridad estructural de Peligro.
- ❖ **Sub hipótesis n° 3:** La identificación y catalogación de deterioro actual de los muros nos permitirán caracterizar las patologías estructurales del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares según el libro “Patología de la Construcción y Restauro de Obras de Arquitectura” de Enrique Zanni.
- ❖ **Sub hipótesis n° 4:** En atención de los lineamientos de las cartas de restauración se identificará el método de intervención más adecuado para elevar el grado nivel de seguridad estructural en el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares.
- ❖ **Sub hipótesis n° 5:** Posterior a la propuesta de intervención estructural de restauración mediante una técnica normalizada, la magnitud de las

fuerzas y esfuerzos determinan desplazamientos laterales menores a 8 cm y periodos de vibración menores a 1.2 s en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares lo que evidencia que el nivel de seguridad estructural se incrementó a una condición de baja.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

Tabla 1 Operacionalización de variables

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLES		DEFINICIÓN	NIVEL	INDICADORES
DEPENDIENTE	NIVEL DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL	Conjunto de parámetros que nos indica si la estructura del templo San Cosme y San Damián de Lares cumple con las normas de construcción que le permiten seguir prestando servicios a la población, aún en eventos sísmicos y no comprometa su capacidad funcional	-En condición Aceptable -En condición Baja -En condición de Peligro	-Calidad de la unidad de adobe -Espesor efectivo del muro -Desplazamientos laterales. -Periodos de vibración -Carga crítica en los muros
			<p>-La intervención estructural: Consiste en la modificación de las características estructurales, que permita proporcionar al templo San Cosme y San Damián de Lares un desempeño sísmico aceptable.</p> <p>-La intervención no estructural: Consiste en la implementación de medidas sobre los componentes no estructurales, necesarias para garantizar su adecuado desempeño ante un sismo</p>	<p>- Número de acciones de recomposición - Número de acciones de consolidación</p> <p>-Número de acciones de reubicación de elementos peligrosos. -Número de acciones de restricción de la movilización de ciertos objetos. -Número de acciones de fijación de estanterías y otros elementos altos.</p>
INDEPENDIENTE	PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	Se refiere a las propuestas de intervención dirigidas a mitigar el daño causado por la acción de las cargas de servicio actuales de la estructura del templo San Cosme y San Damián de Lares.		



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

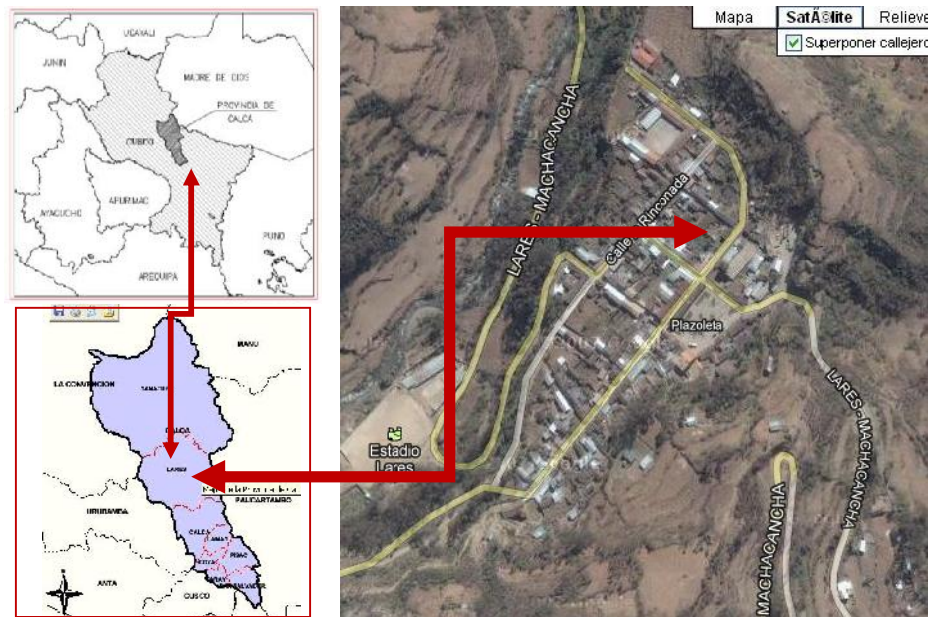
MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL

2.1.1.1. EXPEDIENTE TÉCNICO “PUESTA EN VALOR DEL MONUMENTO COLONIAL RELIGIOSO, TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DE LARES - PROVINCIA DE CALCA Y DEPARTAMENTO DEL CUSCO”

Figura 1 Ubicación del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico “Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares”

❖ Ubicación del distrito de Lares:

- Departamento : Cusco
- Provincia : Calca
- Distrito : Lares

❖ Límites del Distrito de Lares:

- Por el Norte : Con el distrito de Yanatile.
- Por el Sur : Con el distrito de Calca y Urubamba.
- Por el Este : Con el distrito de Challabamba.
- Por el Oeste : Con el distrito de Ocobamba y Ollantaytambo.

❖ Coordenadas geográficas:

- Latitud Sur: 13° 06' 16''
- Longitud Oeste: 72° 02' 38''
- Altitud: 2,928 m.s.n.m.

Lares, es un poblado rural que desemboca a tres cuencas o valles, hacia Calca, Ollantaytambo y el valle de Lares, con viviendas adecuadas a la topografía andina típica de esta zona y las condiciones climáticas.

El poblado corresponde a un conjunto de viviendas construidas en adobe con características y materiales propios de la zona, las cuales están dispuestas de manera irregular en las zonas de ladera. La conformación del poblado se da a partir de la plaza principal donde se ubica el templo, a partir de esta se anexan las vías vehiculares y peatonales, existiendo una única vía vehicular que cruza el centro poblado.

Figura 2 Vista de la plaza de armas de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

2.1.1.1.1. Accesibilidad y transporte:

Al distrito de Lares se accede desde la ciudad del Cusco por la vía asfaltada que conduce a todo el Valle Sagrado de los Incas, hasta Calca en 1.20

horas, a partir de este punto se accede por una carretera asfaltada en un viaje aproximadamente de tres horas.

Figura 3 Vista de la entrada al distrito de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

2.1.1.1.2. Clima y topografía:

❖ Clima

El territorio de Lares al encontrarse ubicado en la cordillera oriental de los andes, determina un clima relativamente variado desde cálido, templado a frío. Se observan dos estaciones bien determinadas siendo la época seca de Abril a Noviembre y la temporada de lluvias de Diciembre a Marzo. La temperatura media anual es de 17°C en el día, descendiendo por las noches hasta grados bajo cero en los meses de Mayo a Julio

La precipitación pluvial para el distrito de Lares es variable de 500 a 1000 mm. La humedad relativa anual es de 60.30 %, variando entre 56.5 % en el mes de Agosto y 69.7% en el mes de Febrero, con nubosidad permanente las mañanas y tardes. (Plan de desarrollo Turístico Municipalidad de Lares 2005-2007).

Tabla 2 Características Climatológicas del Distrito de Lares

Meses	Humedad Mensual	Temperatura Mensual	Precipitación media anual
Noviembre	14%	15.4 °C	65.17 mm
Diciembre	13%	14.9 °C	95.50 mm
Enero	15%	14.5 °C	122.45 mm
Abril	15%	14.4 °C	46.50 mm
Mayo	143%	13.0 °C	4.73 mm

Junio	132%	11.7 °C	6.00 mm
Julio	136%	11.4 °C	5.33 mm
Agosto	23%	3.1 °C	0.67 mm
Setiembre	22%	4.7 °C	6.00 mm
Octubre	26%	5.0 °C	31.67 mm

Fuente: SENAMI

❖ **Relieve:**

Todo el sector de Lares se encuentra en un nivel intermedio que va de los 3,200 - 4,000 m.s.n.m. La mayor parte corresponde a la región Suni, con una topografía irregular de quebradas, laderas y pequeñas planicies en la parte alta. En esta parte se sitúan la mayoría de las comunidades campesinas como Quishuarani, Choquecancha, Vilcabamba, Ccachin, Pampacorral, Collana y Tambohuaylla. Los pobladores de estas zonas viven de la agricultura, ganadería y el comercio; y aún visten trajes tradicionales andinos.

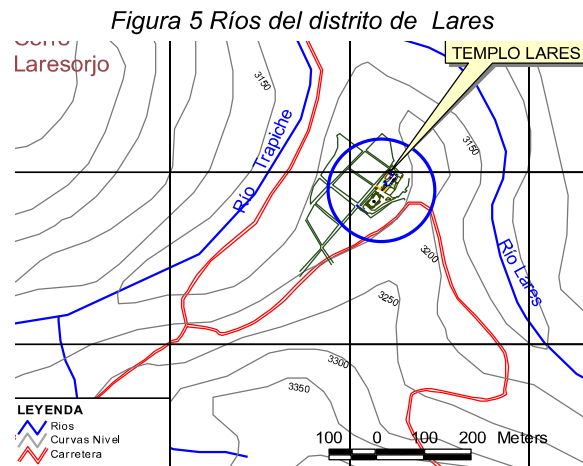
Figura 4 Vista del distrito de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

2.1.1.1.3. **Recursos hídricos**

La provincia de Calca cuenta con un potencial hídrico importante conformado por ríos, riachuelos, manantiales, y otros recursos que conforman la cuenca mayor del río Urubamba y la cuenca mediana del río Yanatile, conformada por las sub cuencas Trapiche y Lares. Hidrográficamente la zona de Lares pertenece a la vertiente de la cuenca del río Yanatile ya que sus quebradas van drenando al indicado río.



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

2.1.1.1.4. Templo de San Cosme y San Damián de Lares

Cosme y Damián, según la leyenda que tuvo lugar en el siglo III D.C., eran hermanos gemelos nacidos en Arabia, hijos de la familia Egea, habrían estudiado medicina en Siria, ejerciéndola gratuitamente en Cilicia, tanto a favor de hombres como de animales donde vivían, por razones caritativas y para incorporar más adeptos al cristianismo. Durante las persecuciones habrían sido aprehendidos por orden de Licias, gobernador de Cilicia, (Schenone 1992: 236). Después de su muerte, se dice que las reliquias habrían hecho grandes milagros, entre otros, la curación del emperador Justiniano. Son conocidos como patronos de los cirujanos, farmacéuticos, médicos y dentistas. Su fiesta se celebra el 26 de Septiembre. Cosme significa "adornado, bien presentado", y Damián, domador.

Figura 6 San Cosme y San Damián



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

No existe información precisa acerca de la fecha de construcción del templo original de Lares, no obstante es probable que éste fuera edificado o comenzado como en la mayoría de las reducciones, o pueblos nuevos después o durante la fundación de éste, es decir aproximadamente en los últimos treinta años del siglo XVI; no obstante se desconocen los detalles e inclusive el tiempo que pudo durar levantarlo, sin embargo en el siglo XVII ya debió estar cumpliendo funciones.

Considerando que su edificación fue realizada en el siglo XVI, debió corresponder al estilo renacentista, con nave alargada, presbiterio sobre elevado, arco triunfal, torre exenta, siendo adicionados posteriormente la sacristía, el bautisterio y posiblemente capillas, constituyendo éste el espacio sagrado de la población, era rodeado por una barda para definir su sacralidad y separarlo de ésta, aspecto que hasta hoy persiste por lo menos hacia la plaza. Dentro de dicho perímetro se encontraba el cementerio y el atrio principal.

Figura 7 Torre del campanario del templo San Cosme y San Damián



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

La información escrita sobre las intervenciones del templo en estudio, posteriores a 1689, son bastante escasas, constituyendo el registro más antiguo el referido en el Libro de Bautizos correspondiente al año 1879, por lo que es necesario remitirse a las fechas o evidencias arqueológicas que posee actualmente el templo de Lares, siendo un dato importante la fecha que se aprecia en la base de la torre, fachada principal: "AÑO DE 1832",

que sin lugar a dudas grabó una intervención importante en la torre, y probablemente también en el mismo templo, por la similitud de características, las que se muestran en algunos sectores del templo.

2.1.1.1.5. Análisis Arquitectónico

El templo se encuentra emplazado en el centro del poblado, en el eje Nor-Este con respecto a la plaza de armas. Por su configuración topográfica se encuentra sobre elevado con respecto a la Plaza de Armas. Construido con estructura de adobe, cuyo trazo es de características coloniales andinas y mestizas.

Figura 8 Fachada del templo San Cosme y San Damián



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

2.1.1.1.6. Descripción del templo. Sistema estructural y características constructivas

La fábrica del edificio fue lograda con cimentación de rocas de esquistos, al cual se complementa muros de adobe, los cuales son protegidos con una techumbre a dos aguas con estructura de tijeral.

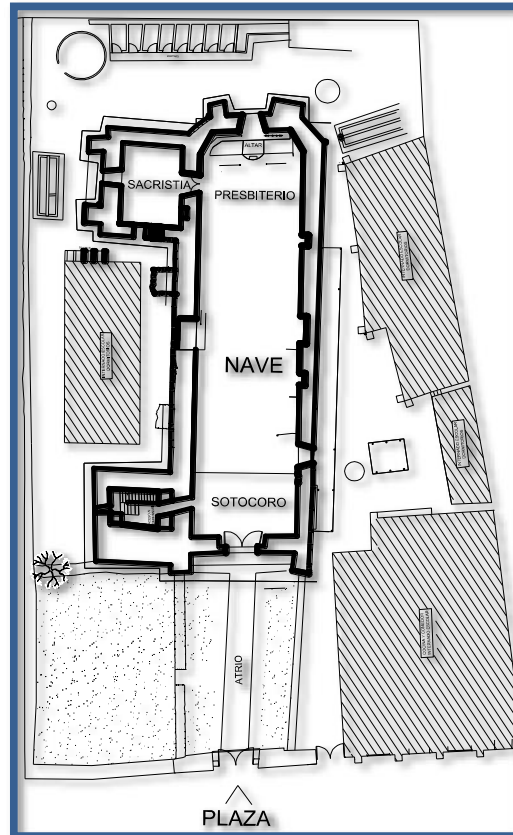
Interior del templo

❖ Planta:

La planta del templo tiene forma rectangular longitudinal marcada, mantiene en su distribución el estilo de la época colonial. Se accede al conjunto arquitectónico, desde la plaza principal a través de un atrio, espacio receptivo delimitado por muros de adobe y un acceso en arco de medio punto. El ingreso al templo se realiza por la portada ubicada en el muro de pies relacionada espacialmente con el atrio de ingreso y la torre

adosada al muro del evangelio. El interior del templo está conformado por los siguientes espacios: Sotocoro, Coro, Nave, Presbiterio, Sacristía, la Torre, alrededor una barda perimetral de adobe y el albergue infantil con características contemporáneas dispersa en el área de los atrios laterales.

Figura 9 Vista en planta del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

❖ Sotocoro

El Sotocoro se ubica inmediatamente después de la portada de ingreso principal al templo. El Sotocoro es el espacio de transición entre el exterior y la nave del templo, sus límites están definidos por el muro de pies y lateralmente por el muro de la epístola y del evangelio. Hacia la nave presenta continuidad al no presentar elementos ni desniveles que diferencien estos espacios.

Figura 10 Sotocoro del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

❖ Nave

Es un espacio de forma alargada rectangular, espacio definido por muro de la Epístola y el muro del Evangelio entre los ambientes del presbiterio el coro y Sotocoro.

Figura 11 Nave del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

Hacia este mismo sector de las escaleras, se evidencia un vano abocinado con dintel de madera que entregaba al descanso de las mismas teniendo de esta manera comunicación con el exterior, por encima de este presenta otro vano abocinado con dintel de madera, parcialmente tapiado simulando una hornacina lo que posiblemente haya sido una ventana anteriormente.

Figura 12 Muro del evangelio del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

❖ Presbiterio

Figura 13 Altar mayor del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

Conformado por el Presbiterio y la Bema, se ubica en el sector posterior de la nave y delimitado por los muros Testero, Evangelio y Epístola, se accede a este espacio desde la Bema ubicada entre el Presbiterio y la posible ubicación del arco triunfal, donde se encuentra un desnivel de piso delimitado por dos peldaños que define la jerarquización de espacios entre la Nave, la Bema y el presbiterio.

❖ Sacristía

Figura 14 Vista exterior de la sacristía del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

La Sacristía se encuentra adosada al muro de la Evangelio, el acceso se da a través del presbiterio por medio de un vano adintelado hacia el exterior, al interior el vano con arco de medio punto y jambas abocinadas el cual presenta una puerta de madera de dos hojas con ventana superior tipo tragaluz; presenta una diferencia de cota mayor con respecto al presbiterio por medio de un contrapaso pequeño.

❖ Exterior del Templo

El templo tiene una planta de distribución longitudinal de una sola nave, a la que se adosan la sacristía y la torre en el muro de evangelio, el muro testero es ochavado generando internamente que el presbiterio sea también un ambiente ochavado.

Se observa en ambos muros laterales la existencia de contrafuertes que fueron retirados en diferentes épocas y que han debilitado la estructura integral del templo, quedando en muchos casos únicamente algunas huellas de sobrecimentación.

El templo actualmente cuenta con un solo ingreso habilitado en el muro de pies y dos ingresos laterales un principal en el muro del evangelio y uno secundario en el muro de la epístola, en el arranque de la escalera hacia el coro, los cuales se encuentran tapiados.

❖ Muro de pies y capilla abierta

La fachada principal que corresponde al muro de pies, tiene una composición simétrica definida por un eje principal trazado desde la portada. Presenta una prolongación de los muros laterales del templo a manera de contrafuerte lo que determina un espacio previo a al ingreso, típico de la arquitectura rural andina.

Figura 15 Fachada principal del templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

El acceso al templo se da a través de un arco de medio punto ubicado en la parte central de la nave, la puerta es de madera de dos hojas de tabla cargada y postigo con clavos hechizos y quicio de madera. Hacia el segundo nivel se ubica la capilla abierta, cuyo acceso se da desde el coro, presenta una puerta de madera de tabla cargada de manufactura simple, encima de este vano se evidencia un nicho con arco de medio punto.

❖ Torre Campanario

Adosada al muro de pies y hacia el muro del evangelio, de planta cuadrada, volumétricamente presenta dos cuerpos definidos por una cornisa de lajas de piedra, construida en 1832 según la inscripción encontrada en la base de la torre.

El primer cuerpo presenta un volumen lleno con fenestraciones rectangulares de pequeñas dimensiones dispuestos verticalmente hacia la parte media de la torre, que sirven para iluminar el interior, corresponde a cuatro tramos de grada del acceso al campanario.

Figura 16 Torre del templo San Cosme y San Damián de Lares

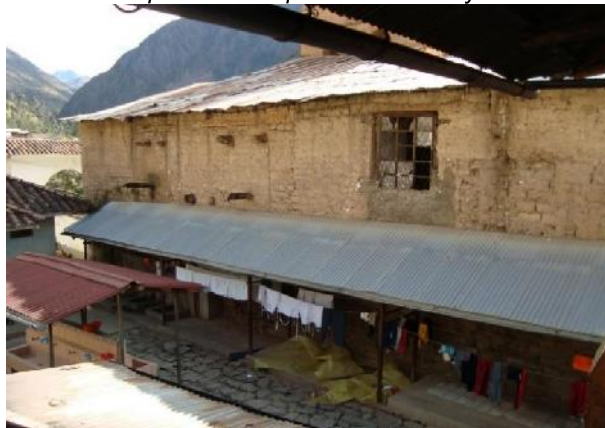


Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

Un segundo cuerpo se encuentra definido por un campanario de cuatro vientos, con vanos dobles en arco de medio punto ubicado a los cuatro vientos de la torre en los que van anclados los rollizos de madera que soportan las campanas. Está decorada con una simpleza propia de la zona, unas cornisas de piedra pizarra en los arranques de los arcos, coronados por un remate con vanos pequeños con arco de medio punto en los muros centrales de los cuatro vientos. Las paredes carecen de revestimiento. El desarrollo de las escalinatas hasta el campanario se da en cuatro tramos, las escaleras desde el arranque son hechas con adobes y lajas de piedra.

❖ Muro de la Epístola

Figura 17 Muro de la epístola. Templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

Posee una composición volumétrica sencilla, en el primer nivel hacia el sector del soto coro presenta un vano con carpintería de madera de dos hojas, el cual comunicaba el descanso de las escaleras interiores que conducían de la nave al coro alto.

El segundo nivel presenta dos vanos de iluminación hacia la nave con mamparas de vidrio y malla metálica como sistema de protección. A lo largo de este paramento, se observa los tirantes de madera que conforman la estructura del techo, sobresaliendo del muro.

❖ Muro del Evangelio

El volumen correspondiente a la nave presenta en el primer nivel, hacia la parte central, lo que fue el ingreso lateral al templo donde se evidencia un vano tapiado con presencia de un arco carpanel cuyo arranque se da a través de impostas de piedra; el arco presenta elementos de piedra como decoración. Hacia la parte superior del muro correspondiente a la nave, se evidencia dos vanos de iluminación de distintas dimensiones con mamparas de vidrio y malla metálica como elemento de seguridad.

Figura 18 Muro del evangelio. Templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico "Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares"

❖ Muro Testero

Muro de forma hexagonal, reflejo de la planta de distribución, presenta dos contrafuertes de adobe con cobertura de teja de una sola caída, al medio de estos, un vano rectangular dispuesto verticalmente que sirve para iluminar el altar mayor. Este vano presenta una mampara de vidrio y una reja metálica de fierro forjado.

Figura 19 Vista exterior del muro testero.



Fuente: expediente técnico “Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares”

❖ Cobertura

La cobertura del templo, está construida con características precarias (calamina con estructura de doble par y nudillo de madera) que se colocaron a efectos de proteger el interior del templo al haber colapsado la cobertura original. Los contrafuertes y la cobertura de la torre y sacristía mantienen la cobertura de teja y la estructura de par y nudillo.

Figura 20 Techo deteriorado de calamina. Templo San Cosme y San Damián de Lares



Fuente: expediente técnico “Puesta en valor del Monumento Colonial Religioso, templo San Cosme y San Damián de Lares”

2.1.1.1.7. Sistemas constructivos

❖ Cimientos y sobre cimientos

La cimentación del templo es de piedra irregular asentadas con mortero de barro aparentemente como consta en un expediente de restauración de la iglesia mandada a elaborar por la parroquia; la profundidad varía entre 1.00 a 1.50 m. En el caso de la sobre cimentación presenta piedras irregulares



asentadas con mortero de barro de mampostería rústica, las dimensiones varían de 5" a 8" para el caso de calizas y areniscas predominando los esquistos pizarrosos en su forma de lajas. La altura de la sobre cimentación es 1.00 a 1.20 m.

Para la torre principal no se puede determinar la profundidad de la cimentación presentando una sobre cimentación de 3.50 m con piedras irregulares de 5" a 8" entre calizas y areniscas, igualmente que en el caso de muros presenta lajas de esquistos pizarrosos.

❖ **Muros**

Los muros en todo el monumento están compuestos por bloques de tierra cruda (adobe) de 0.60 m x 0.30 m x 0.15 m, utilizando como mortero barro para las juntas. Las dimensiones de los muros son variables: entre 1.30 m y 1.50 m de ancho.

La torre adosada se constituye en una unidad estructural formada por un cubo base de 1.50 m de ancho construido con bloques de tierra (adobe) sobre el que se asienta el cuerpo del campanario. Presenta una luz de 2.80 m x 3.20 m a la altura de la base del cubo. En cuanto a los vanos presentan dinteles de madera azuelada cuyas dimensiones varían de 6" a 8".

❖ **Techos**

El templo presenta un techo a dos aguas con cumbrera de distribución axial para lo cual se utiliza la estructura tipo tijeral apoyadas sobre muros de adobe, la cubierta de láminas de zinc asentada sobre correas de madera de 3" x 3" con un distanciamiento variable entre 0.80 a 0.95 m; estos van anclados a los pares de 4". Presenta una especie de nudillo de 3" y tornapuntas de madera de 4" x 4". Forman parte de la estructura de techos (tijerales) los tirantes de madera rolliza, cuyas dimensiones son de 8", cuyo peso se apoya directamente sobre los muros de adobe. Los aleros son de 0.55 m, soportados por canes de madera rolliza de 3" a 4" distanciados cada 0.50 m a 0.60 m de eje a eje.

El resto de las construcciones adosadas presentan la misma configuración de techos a dos aguas y las mismas características en cuanto al uso de los materiales y su dimensionamiento.



La torre de la iglesia presenta un techo con caídas a los cuatro lados con estructura de madera rolliza sobre la cual van listones de madera dispuestos transversalmente, torta de barro y la teja cerámica tipo colonial.

❖ **Pisos**

El piso es de madera machihembrada dispuesta de manera paralela a los muros laterales del templo. En la sacristía, piso de cemento pulido pintado con ocre de color rojo, en la torre del campanario con piso de tierra apisonada. El coro alto y la capilla abierta presentan un piso de entablado de madera.

2.1.1.1.8. Materiales de construcción

Dentro de los materiales de construcción utilizados, han predominado básicamente los materiales de la zona, la tierra para la confección de los adobes, la madera y la piedra:

- ❖ El adobe utilizado en la configuración estructural de los muros del monumento.
- ❖ La piedra usada de manera rústica en las cimentaciones y sobre cimentaciones; igualmente se utilizó en la construcción de gradas, y escalinatas utilizando calizas y esquistos pizarrosos.
- ❖ La madera usada como elemento estructural y en acabados como cerramientos y retablos y elementos de decoración.
- ❖ En los acabados, los enlucidos primeramente se dan con el embarre sobre los muros, sobre el cual va los empastes de yeso, técnica que se emplea en todo el templo.

2.1.1.1.9. Sistemas Constructivos

Los sistemas o técnicas constructivas responden a cada etapa de la historia, los cuales se han ido desarrollando, y aún hasta la fecha muchas de estas se mantienen como son:

Los muros portantes son paramentos de adobe de cabeza y doble soga. En estos se encuentran los vanos de puertas y ventanas cuyos dinteles están empotrados en los mismos siendo de madera azuelada.



En el caso de las cubiertas, se da el sistema de tijerales. En este sistema, el tirante cumple un fin estructural ya que sirve de amarre entre los muros laterales. En el caso de la torre, esta presenta una estructura de madera para la cobertura y antes de la cabecera de muro en el campanario presenta vigas de madera tipo collar a las que van ancladas tirantes de madera.

2.1.1.1.10. Análisis del estado actual y patologías

El templo San Cosme y San Damián de Lares está bastante deteriorado, se ha registrado el colapso del techo en su totalidad, el cual ha sido repuesto con una cobertura que no le corresponde, ocasionando graves daños y deterioros en los muros.

Algunos de sus muros muestran pandeos y degradación de los mismos gracias a la humedad por falta de la estructura de techo adecuada. Asimismo existe acumulación de escombros en el exterior del templo hacia los atrios.

La calidad de mano de obra en la construcción del templo no fue calificada, lo que generó en diferentes aspectos, el deterioro del templo.

2.1.1.1.11. Criterio de conservación del patrimonio en términos de originalidad y autenticidad:

Por sus características arquitectónicas sencillas, es posible deducir que el Templo San Cosme y San Damián de Lares, corresponde al estilo rural, fabricado probablemente durante los primeros años del siglo XVII.

En el interior del templo, también se conserva elementos que nos demuestran su antigüedad y originalidad, como la portada lateral existente, las bases de la de cimentación. Las obras de arte de estilo barroco son también una muestra de la antigüedad de este templo. Este criterio se sustenta en la siguiente normatividad:

❖ Carta Patrimonio Vernáculo: Principios de conservación

- **Sistemas tradicionales de construcción**

La continuidad de los sistemas tradicionales de construcción, así como de los oficios y técnicas asociados con el patrimonio vernáculo, son fundamentales como expresión del mismo y



esenciales para la restauración de dichas estructuras. Tales técnicas deben ser conservadas y legadas a las futuras generaciones, mediante la educación y formación de constructores.

- **Adaptación**

La adaptación y reutilización de las estructuras vernáculas debe ser llevada a cabo de modo que respete la integridad de su configuración, siempre que sea compatible con los niveles de habitabilidad deseados.

2.1.1.2. TESIS: “SISTEMAS DE REFUERZO ESTRUCTURAL EN MONUMENTOS HISTÓRICOS DE LA REGIÓN CUSCO” YHOSIMI WASHINGTON ESQUIVEL FERNÁNDEZ

2.1.1.2.1. Los Principios Teóricos de la Restauración

El Dr. José Antonio Terán B. en su publicación “Consideraciones que se deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica”, considera tres principios:

- ❖ **Respeto a la historia del inmueble**

Se refiere a que se deben respetar las distintas etapas históricas constructivas del edificio, sus espacios originales así como las ampliaciones, remodelaciones de importancia, las mismas que no impliquen una afectación que vaya en deterioro del bien inmueble.

- ❖ **No falsificación**

Se aplica cuando en una intervención se requiera integrar (completar algún elemento arquitectónico o reproducir ciertas formas perdidas). Si por alguna razón la conservación del edificio requiere la sustitución o integración de una parte, forma o elemento arquitectónico determinado, así como el uso de materiales tradicionales similares a los que constituyen al inmueble, esta intervención debe ser reconocible, pero a la vez lograr una integración visual con el edificio, es decir, no debe resaltar o llamar la atención.

- ❖ **Conservación in situ**

Se refiere al hecho de no desvincular al edificio ni a sus elementos de su lugar de origen. La Carta de Venecia en su artículo 8º expresa: “Los elementos de escultura, pintura o decoración que forman parte integrante de un monumento, no podrán ser separados del mismo”. Cuando por



alguna causa, como por ejemplo, en el caso de un movimiento telúrico, algún elemento se ha desprendido de su lugar original, éste debe ser reintegrado en su sitio.

2.1.1.2.2. Consideraciones para intervenciones estructurales

Comprende estudios y evaluaciones que consideren las características y valores históricos de los edificios a intervenir como el entorno que los rodea, como se menciona:

"Toda intervención deberá estar basada en estudios y evaluaciones adecuados. Los problemas deberán ser resueltos en función de las condiciones y necesidades pertinentes, respetando los valores estéticos e históricos, así como la integridad física de la estructura o del sitio de carácter histórico"

Lo realmente importante en todo tratamiento es asegurar una conservación, mediante el control de los agentes externos e internos que han provocado el deterioro para minimizar el proceso de degradación en primer lugar, con la aplicación de los tratamientos correctores y estabilizando el objeto de nuestra intervención"

Toda propuesta de intervención deberá:

- "Utilizar métodos y técnicas tradicionales"
- "Ser técnicamente reversible, si es posible" o "Al menos, no estorbar o impedir los trabajos de conservación, que pudieran ser posteriormente necesarios" y "No impedir el acceso, en el futuro, a las informaciones incorporadas en la estructura"

❖ Criterios de la intervención

El arquitecto italiano Gaetano Miarelli Mariani propone cuatro criterios que orientan el trabajo para asegurar el bien cultural durante la intervención:

- "El criterio de la intervención mínima".
- "El criterio del respeto de la autenticidad".
- "El criterio de la evidente diferenciación entre lo existente y lo restaurado".
- "La posibilidad, al menos en teoría, de la reversibilidad en la intervención".



❖ **Características de la intervención**

Se han fijado tres características fundamentales de intervención de refuerzo estructural con materiales distintos a los originales:

- **La compatibilidad**

Entre el comportamiento de la nueva estructura y la vieja, desde el punto de vista de respuesta ante agentes atmosféricos, como la temperatura, y desde el punto de vista estructural, sobre todo en cuanto a la rigidez. Es frecuente que la inserción de nuevos elementos de gran rigidez atraiga una porción elevada de las cargas aplicadas, y cambie drásticamente las condiciones de esfuerzos en los elementos existentes.

- **La durabilidad**

A un plazo mayor del que se exige en los edificios comunes; para algunos materiales modernos no se cuenta con una comprobación de su capacidad para mantener sus propiedades durante siglos o se requiere de una protección y mantenimiento mayor que para ciertos materiales tradicionales.

- **La reversibilidad**

Es una característica que se ha promovido mucho en las intervenciones con materiales modernos. El criterio es que debería ser factible removerlos nuevos elementos y modificar la solución si en el futuro se encuentra otra más eficiente, o si la adoptada muestra signos de ser inadecuada. Desde el punto de vista práctico, la condición de reversibilidad es muy difícil de lograr.

2.1.1.2.3. Principio estructural que deben guiar la intervención estructural en edificios históricos.

El edificio, mientras no haya colapsado, es posible su recuperación. Esto significa que se debe asegurar que la edificación puede absorber la energía sísmica y disiparla. Para lograr el objetivo, se puede optar los siguientes procedimientos, señalados por los Ingenieros Torrealva y Blanco:

Incrementar la resistencia elástica del edificio mediante la inclusión de elementos estructurales cuyo módulo de elasticidad sea compatible con



el del material original, ya que de lo contrario se puede generar comportamientos dinámicos distintos.

Incrementar la ductilidad del edificio. En el caso de las construcciones masivas de mampostería puede ser un objetivo difícil de lograr.

Asegurar la estabilidad del edificio en su etapa post fisuración. Esto significa que la disipación de energía ocurrirá por fricción entre las partes fisuradas pero asegurando que permanezcan unidas entre sí.

2.1.1.2.4. Procedimientos aplicados en la restauración

Las intervenciones de restauración en los monumentos de adobe se describen a continuación

- ❖ Apuntalamiento de muros, techos y control permanente de las deformaciones (testigos) mientras dure el proceso de restauración.
- ❖ Reconstrucción de cimientos y sobrecimientos por las dos caras de los muros en forma alternada y logrando una traba total en los dos lados intervenidos. El trabajo se hace por tramos alternados no mayores de un metro evitando una excavación continua, que propiciaría la inclinación del muro.

- ❖ Los refuerzos en muros son los siguientes:

- Colocación de llaves de amarre, se utilizan debido a que los encuentros entre muros son las zonas más críticas. Estos son elementos que trabajan a tracción debidamente anclados.

Por lo general las llaves deben llevar encima el peso de por lo menos, dos metros de altura de muro de adobe y éstas se intercalan verticalmente cada 1.50 ó 2.00 m. En los muros perpendiculares se colocan dos piezas paralelas de madera aserrada a lo largo de los muros, cruzándose y trabándose a media madera, colocando luego los adobes hasta que las llaves queden perdidas en los muros.

Existen diferentes tipos de llaves según su configuración:

- Llave en “L”, llave “T”, llave en “U”, llave lineal

- ❖ Vigas soleras son estructuras que tienen una configuración similar a la de las llaves de madera, cuentan con largueros, travesaños y uniones a media madera, la diferencia radica en que las vigas collar van instaladas a lo largo de todos lo muro rodeando la estructura. Son



comúnmente usados para reforzar los muros de la torre-campanario de los monumentos religiosos

Estas llaves y vigas collar se anclan al muro con estacas de madera de 2" siguiendo el siguiente procedimiento:

- Hacer un agujero de 0.60m de profundidad y un diámetro de 3".
- Se rellena el agujero con mortero de barro.
- Se clava una estaca de 2" x 0.75m. y se sujeta al larguero y travesaño con alambre N°8 tortoleado.

Los muros no serán desmontados, la colocación de llaves se hace excavando las caras de los muros hasta dejar las piezas en el lugar previsto, rellenando luego los espacios entre los adobes y la madera con mortero de barro, para que ésta quede comprimida.

- ❖ También se hace uso de tensores metálicos horizontales para reforzar los muros de adobe. Estos refuerzos son usualmente de un diámetro $\frac{3}{4}$ " los cuales atraviesan perpendicularmente los dos muros opuestos de un ambiente y van anclados a los extremos a través de una placa de madera de 1" x 1" y una tuerca metálica.
- ❖ La reconstrucción de la cobertura se hace respetando la configuración arquitectónica original del sistema par y nudillo adicionado un tratamiento y protección de sus elementos para garantizar la funcionalidad de la estructura.

2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL

2.1.2.1. Proyecto de restauración del templo San Carlos Borromeo – Chihuahua - México.

2.1.2.1.1. Propuesta de intervención

Uno de los primeros pasos es establecer la metodología y los procesos de intervención para la puesta en valor del patrimonio histórico ostentado por el templo de San Carlos Borromeo.

2.1.2.1.2. Toma de muestras

Muestreo para determinar el estado del adobe en cuanto a la clasificación, granulometría y porcentaje de humedad. Así mismo se tomarán muestras de las cabezas de las vigas, para conocer la condición de las fibras de la madera.



2.1.2.1.3. Ensayos propuestos

- ❖ Humedad relativa
- ❖ Caracterización según normas de S.U.C.S

2.1.2.1.4. Acciones previas

Para poder trabajar adecuadamente en el edificio del templo y en la casa cural, es necesario realizar algunas actividades previas, tal como se describen a continuación.

❖ Limpieza del edificio y áreas anexas

Este punto hace referencia al retiro de elementos sensibles al daño o pérdida durante los trabajos de restauración, tales como bancas, retablo, esculturas, pinturas y demás elementos empleados en la liturgia. Dichos elementos deberán ser reubicados durante los trabajos. Así mismo se retirará el mobiliario de la casa. Una vez retirado el mobiliario se limpiarán los edificios para dejarlos en condiciones óptimas para trabajar en ellos.

2.1.2.1.5. Retiro

Definitivamente, este es el proceso más amplio en el templo, por lo que se manejará por elemento constructivo:

- ❖ **Retiro de cubiertas:** De las cubiertas se retirará la techumbre de lámina galvanizada, así como su estructura. La lámina que no se encuentre deteriorada se reservará para posteriormente emplearla. Esta acción se llevará a cabo tanto en la nave principal como en los espacios anexos del templo. También se propone liberar a la nave del plafón existente, ya que es un elemento ajeno y no representa de manera alguna la arquitectura que ostenta el templo
- ❖ **Retiro de instalaciones:** Se retirarán los elementos sobrepuestos en los muros y cubiertas, tales como instalaciones eléctricas, acometidas, centros de carga, instalaciones hidráulicas. Este concepto debe realizarse conforme los trabajos de restauración avancen, previendo no cortar los servicios básicos durante los trabajos.



2.1.2.1.6. Consolidaciones

- ❖ **Adobe:** Se consolidará a través de la aplicación de agua de cal y mucílago de nopal. También es posible el uso de flúor silicato de sodio en agua destilada al 10%.
- ❖ **Madera:** En caso de encontrarse muy deteriorada, sobre todo sin cohesión en las fibras, se podrá reparar con cola de conejo.
- ❖ **Madera de carpinterías:** Constará de la aplicación de cola de conejo en los elementos con mayor desprendimiento.

2.1.2.1.7. Reintegraciones

- ❖ **Cubiertas:** En caso de que se haya detectado una pérdida considerable del entramado de la base del entortado de tierra, se repondrá con carrizo de la región. Asimismo, de ser revisada la estructura del envigado, como de la cubierta de lámina se repondrá con madera aserrada de calidad estructural. La lámina de zinc que se encuentre considerablemente dañada se repondrá con otra de igual calibre.

2.2. ASPECTOS TEÓRICOS PERTINENTES

2.2.1. SEGURIDAD ESTRUCTURAL

Se define la seguridad estructural como la resistencia, rigidez, estabilidad y condiciones de servicio que presentan las edificaciones, tanto en sus partes estructurales como en su conformación en conjunto con los demás elementos; el objetivo de una evaluación de este tipo, según el Instituto Mexicano de Seguridad Social, es definir si la estructura física cumple con las normas de construcción que le permitan seguir prestando servicios a la población, aún en desastres de gran magnitud o bien si esta se encuentra potencialmente afectada de modo que se altere su seguridad estructural y comprometa, por tanto, su capacidad funcional.

Según el Documento Básico de Seguridad Estructural (SE) de España, el objetivo básico de la seguridad estructural consiste en asegurar que el edificio tenga un comportamiento estructural adecuado frente a las



acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto.

Para satisfacer este objetivo, las estructuras se deben proyectar, construir y mantener de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada a las exigencias básicas:

- ❖ La resistencia y la estabilidad deben ser las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencias previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionales respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.
- ❖ La aptitud al servicio debe ser conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzca deformaciones inadmisibles, y no se produzcan degradaciones o anomalías inaceptables.

Principios generales que deberán cumplir las estructuras para disponer de un grado de seguridad aceptable:

- ❖ Esbeltez adecuada.
- ❖ Reducir el peso de los materiales.
- ❖ Densidad de muros y elementos uniforme.
- ❖ Continuidad en las formas y volúmenes.
- ❖ Vanos pequeños y centrados.
- ❖ Forma de planta: simétrica y regular con distribución simétrica de elementos.
- ❖ Cuidado especial de los puntos críticos de concentración de esfuerzos.
- ❖ Conexiones adecuadas que garanticen el comportamiento de la estructura y un grado de ductilidad.
- ❖ Relación resistencia deformabilidad adecuada.
- ❖ Uniformidad del material, rigidez y ductilidad.

2.2.1.1. Evaluación estructural de edificios existentes. Documento Básico de Seguridad Estructural (SE)

2.2.1.1.1. Consideraciones previas



- ❖ No es adecuada la utilización directa de las normas y reglas establecidas en la evaluación estructural de edificios existentes, construidos en base a reglas anteriores a las actuales para los edificios de nueva construcción, por los siguientes motivos:
- ❖ Toda evaluación debe realizarse teniendo en cuenta las características y las condiciones reales del edificio (lo que normalmente no está contemplado en las normas de dimensionado).
- ❖ Las normas actuales suelen estar basadas en exigencias diferentes y generalmente más estrictas que las vigentes en el momento en que se proyectó el edificio, por lo cual, muchos edificios existentes se clasificarían como no fiables si se evaluaran según las normas actuales
- ❖ Se pueden emplear modelos de análisis más afinados (a través inspecciones, ensayos, mediciones in situ o consideraciones teóricas), lo que puede aportar beneficios adicionales.

2.2.1.1.2. Criterios básicos para la evaluación

La evaluación estructural de un edificio existente se realizará, normalmente, mediante una verificación cuantitativa de su capacidad portante y, en su caso, de su aptitud al servicio, teniendo en cuenta los procesos de deterioro posibles. Para ello, puede adoptarse un procedimiento de evaluación por fases que tenga en cuenta las condiciones actuales del edificio, definiendo cada una de las fases en función de las circunstancias y condiciones específicas de la misma tales como la disponibilidad del proyecto original, la observación de daños estructurales, el uso del edificio, etc. Y de los objetivos de la evaluación.

En edificios en los que no resulte posible o sea poco fiable una verificación cuantitativa, o cuando el edificio haya demostrado un comportamiento satisfactorio en el pasado, podrá realizarse una evaluación cualitativa de la capacidad portante y de la aptitud al servicio.

2.2.1.2. Recopilación de información

2.2.1.2.1. Determinación del estado actual

Previamente a la evaluación de un edificio existente se determinará el estado actual del mismo, recabando toda la información relativa a:



- ❖ Las acciones de todo tipo, directas o indirectas (influencias) con los siguientes criterios:
 - El peso propio de los elementos podrá comprobarse en obra, adaptándose en consecuencia, los valores adoptados inicialmente, de acuerdo con la información previa.
 - Las sobrecargas de uso dependerán del uso futuro de la obra, pudiendo adoptarse, a efectos de la evaluación modelos específicos adaptados al caso estudiado. En estos casos, se adoptarán disposiciones adicionales con el fin de asegurar que no se sobrepasen los valores extremos establecidos.
 - Se tendrán en cuenta las influencias ambientales de origen físico, químico o biológico que puedan afectar a las características de los materiales o a la resistencia de los elementos estructurales.
- ❖ Las dimensiones de la obra, recopilando los datos de la misma y de los elementos estructurales.
- ❖ Características de los materiales empleados. Cuando las características de los materiales se determinarán mediante ensayos no destructivos o destructivos a partir de muestreos representativos, se debe tener en cuenta el uso del edificio, así como las influencias ambientales.
- ❖ El sistema estático y el comportamiento estructural, con los siguientes criterios:
 - Se comprobarán en obra las condiciones de todo tipo que resulten determinantes para el comportamiento estructural, como las condiciones de apoyo, empotramientos, libertad de movimiento de apoyos y juntas o la capacidad de deformación.
 - Cuando se determine experimentalmente el comportamiento estructural (estático o dinámico) de un edificio, en la evaluación e interpretación de los resultados se tendrá en cuenta que los ensayos se realizan con cargas de servicio, mientras que la capacidad portante se debe evaluar para estados más avanzados de carga.



- ❖ Los daños y anomalías existentes: deformaciones, desplazamientos, corrosión, fatiga y envejecimiento en general.

2.2.1.3. Evaluación cualitativa

2.2.1.3.1. Capacidad resistente

Puede suponerse que un edificio que haya sido dimensionado y construido de acuerdo con las reglas de normas antiguas, tendrá una capacidad portante adecuada, si se cumplen las siguientes condiciones:

- ❖ El edificio se ha utilizado durante un periodo de tiempo suficientemente largo sin que se hayan producido daños o anomalías (desplazamientos, deformaciones, fisuras, corrosión, etc.);
- ❖ La revisión del sistema constructivo permita asegurar una transmisión adecuada de las fuerzas.
- ❖ Teniendo en cuenta el deterioro previsible así como el programa de mantenimiento previsto se puede anticipar una durabilidad adecuada; durante un periodo de tiempo suficientemente largo no se han producido cambios que pudieran haber incrementado las acciones sobre el edificio o haber afectado su durabilidad.
- ❖ Durante el periodo de servicio restante no se prevean cambios que pudieran incrementar las acciones sobre el edificio o afectar su durabilidad de manera significativa.

2.2.2. NIVEL DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL

El nivel de seguridad estructural se evaluará en referencia a los siguientes principios estudiados: calidad de las unidades de adobe que conforman el muro del templo, espesor mínimo de los muros, desplazamientos y periodos de la estructura. Tomando como primer valor del Nivel Aceptable (para todos los casos), valores referidos en las siguientes normas: E.030. Diseño Sismoresistente, E.070. Albañilería y E.080. Adobe. Siendo los siguientes valores de Nivel Bajo y Nivel de Peligro una proporción de los primeros.

2.2.2.1. Calidad del Adobe (NORMA E.080)

El valor de f' o mínimo aceptable de 12 kg/cm² según la norma E.080

Tabla 3 Nivel de seguridad respecto a la calidad del adobe

Nivel de Seguridad Estructural	F'º adobe (kg/cm²)
Aceptable	$X \geq 12 \text{ kg/cm}^2$
Bajo	$12 \text{ kg/cm}^2 \geq X \geq 8 \text{ kg/cm}^2$
De peligro	$X \leq 8 \text{ cm}$

Fuente: Norma E.080.

2.2.2.2. Espesor mínimo de los muros del templo (NORMA E.070)

Según la norma E.070 Albañilería, para que un muro portante cumpla los requisitos estructurales mínimos de espesor efectivo “t”, deberá cumplir lo siguiente:

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para las Zonas Sísmicas 2 y 3}$$

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo.

Tabla 4 Nivel de seguridad respecto al espesor mínimo de los muros

Nivel de Seguridad Estructural	Esbeltez de los muros del templo (nave) $h=6.86 \text{ m}$
Aceptable	$X \geq 34.30 \text{ cm}$
Bajo	$34.30 \text{ cm} \geq X \geq 20 \text{ cm}$
De peligro	$X \leq 20 \text{ cm}$

Fuente: Norma E.070.

2.2.2.3. Desplazamientos Laterales (NORMA E.030)

El máximo desplazamiento relativo de entrepiso, no deberá exceder la fracción de la altura de entrepiso que se indica.

Tabla 5 Límites para desplazamientos laterales para entrepiso

Material Predominante	(Δ / h_{e_i})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

Fuente: Norma E030

Tabla 6 Nivel de seguridad respecto a desplazamientos laterales de los muros

Nivel De Seguridad Estructural	Desplazamientos laterales (cm)
Aceptable	$X \leq 4 \text{ cm}$
Bajo	$4 \text{ cm} \leq X \leq 8 \text{ cm}$
De peligro	$X \geq 8 \text{ cm}$

Fuente: Norma E.030.

2.2.2.4. Periodos de Vibración de la Estructura (NORMA E.030)

Los periodos naturales y modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

Tabla 7 Nivel de seguridad respecto a los periodos de la estructura

Nivel De Seguridad Estructural	Periodos (s)
Aceptable	$X \leq 0.7$ s
Bajo	$0.7 \text{ s} \leq X \leq 1.2$ s
De peligro	$X \geq 1.2$ s

Fuente: E.030.

2.2.3. PATOLOGÍAS ESTRUCTURALES

Se puede definir una patología estructural como la presencia o evidencia de fallas o comportamiento irregular de una edificación, con las cuales, no se puede garantizar la seguridad de la misma.

De esta manera surgen tres conceptos claves para manejar una patología estructural; los cuales son:

- ❖ Identificar cual es el comportamiento defectuoso, (Enfermedad).
- ❖ Realizar una investigación de las posibles causas de ese comportamiento irregular. (Diagnostico).
- ❖ Plantear acciones inmediatas (Tratamiento o Terapia.)

Todo esto con el fin de garantizar las condiciones necesarias de seguridad y confort que pueda ofrecer una edificación en función de su estructura.

Para la realización de un estudio de patologías se identifica los tipos de patologías estructurales presentes en las edificaciones de la zona.

2.2.3.1. Calificación de patologías

La norma Colombiana de diseño y construcción sismo resistente propone la siguiente calificación de patologías:



- ❖ **Baja:** Cuando ninguno de los elementos estructurales y no estructurales está comprometido, es decir, no se presentan agrietamientos, asentamientos o problemas de patología estructural en vigas, columnas, losas o muros cargueros.
- ❖ **Media:** Cuando algunos de los elementos estructurales presentan agrietamientos, asentamientos o problemas de patología estructural en vigas, columnas, losas o muros cargueros. Pero los mismos no comprometen la estabilidad de la estructura bajo las condiciones de carga de servicio, es decir de uso cotidiano.
- ❖ **Alta:** Cuando los daños en los elementos estructurales comprometen la estabilidad de la estructura bajo condiciones de carga de servicio, es decir, uso cotidiano, y por lo tanto la estructura no es apta para ser ocupada.

2.2.3.2. Procesos patológicos (Zani, 2008).

- ❖ **Deformaciones y roturas**

A efectos de reconocer las características de los distintos procesos patológicos que afectan mecánicamente a los muros, debemos comenzar por comprender que todos los elementos y subsistemas constructivos, ante la acción de determinadas sollicitaciones, primero se deforman hasta alcanzar su límite de resistencia, y luego se rompen. Algunos de ellos tienen periodos elásticos (y/o también plásticos) más largos, de modo que sufren grandes deformaciones (reversibles o permanentes), antes de romperse. En otros casos, cuando se trata de materiales excesivamente rígidos cuyo periodo elástico y plástico son cortos o prácticamente nulos, sufren roturas frágiles casi instantáneas. (Zani, 2008).

Se puede resumir los principales procesos patológicos en el siguiente esquema:

Figura 21 Procesos patológicos

ORIGEN MECÁNICO	DEFORMACIONES	DESPLOME ALABEO PANDEO
	GRIETAS	ASENTAMIENTOS EMPUJES HORIZONT. MOVIM. TÉRMICOS
	ROTURAS	CAUSAS MECÁNICAS MOVIM. HIGROTÉRM. CORROSIÓN DE Fe.
	FISURAS	
	DERRUMBES	
ORIGEN FÍSICO	HUMEDAD	
	SUCIEDAD	
	EROSIÓN ATMOSFÉRICA	
ORIGEN QUÍMICO	CORROSIÓN	
	EROSIÓN	

Fuente: *Patologías de la construcción y restauración de obras de arquitectura.*
Enrique Zani.

Las posibles causas de lesiones en obras de mampostería, pueden sintetizarse en las siguientes:

- Evaluación incorrecta de las cargas actuantes.
- Insuficiente resistencia del material de soporte (suelo, fundación o mampostería).
- Excesiva deformabilidad del mortero utilizado.
- Exceso de esbeltez, tanto en altura como longitud.
- Excentricidad de las cargas puntuales, mayores a la resistencia del material.
- Falta de arrostramiento vertical y horizontal.
- Falta de traba entre muros tanto en cruces y esquinas como en encuentros.
- Estructura excesivamente deformable, muy flexible, transmite esfuerzos a la mampostería.
- Imprevisión de losas capaces de absorber y transmitir esfuerzos horizontales



- Asentamientos diferenciales.
- Concentración de cargas, produciendo cortantes en vanos de ventanas.
- Pérdida de resistencia por lixiviación de morteros o derrumbe de mampuestos.

2.2.3.3. Origen mecánico

2.2.2.3.1. Deformaciones

❖ Desplomes

Desaplomar algo es hacer que pierda su verticalidad. Los procesos generados a partir de esta lesión, determinan la aparición de sollicitaciones en tracción en el paramento opuesto hacia el cual se desploma el muro. De este modo, dicho paramento intenta alargarse o estirarse, induciendo a la mampostería esfuerzos de tracción verticales, que provocan grietas horizontales. (Zani, 2008).

2.2.2.3.2. Roturas

❖ Grietas y fisuras

Podemos definir grieta como toda fragmentación producida en un elemento con entidad estructural (aun cuando no sea importante), que lo divide en dos o más partes.

En cuando a la fisura, es toda aquella fragmentación producida en un elemento no estructural, generalmente de poco espesor, que lo fracciona en dos o más partes. Es decir que si la rotura se manifiesta en el revoque o revestimiento, pero por medio de prospecciones puede verificarse que la mampostería está sana, se tratará de una fisura. Por el contrario, si la fractura interesa a los propios mampuestos, estaremos en presencia de una grieta.

Del estudio de las mismas podemos obtener información de vital importancia a la hora de elaborar un diagnóstico sobre las causas que originaron el proceso patológico.

En elementos estructurales, las fisuras, suelen aparecer como consecuencia de las deformaciones que curvan el elemento fuera de su plano, viéndose en la cara convexa y afectando a la capa superficial cuando

esta es distinta del resto del muro, es decir los casos de revocos. (Zani, 2008).

Las fisuras pueden generar los siguientes procesos:

- **Por desplome:** fisuramiento horizontales por rotación del muro en el centro de la cara convexa
- **Por alabeo:** fisuras verticales en la parte convexa de las más alabeadas, normalmente en la parte alta de los muros
- **Por pandeo:** fisuras horizontales en el centro de la cara convexa
- **Desmoronamiento:** pérdida de la masa constituida del muro por desprendimiento. Se trata de la rotura interna del propio elemento constructivo por conjunción de al menos dos factores. Por un lado, deficiencia en la cohesión interna de la fábrica, por otro, un esfuerzo de tracción interna que provoca, un esfuerzo rasante entre la parte que se desprende y la que se queda, bien un pandeo interno que desgarrar la fábrica transversalmente.

Las variables a revelar y que debemos considerar para su análisis son las siguientes:

❖ Geometría de los bordes

Figura 22 Geometría de los bordes de una grieta



Fuente: Patologías de la construcción y restauración de obras de arquitectura. Enrique Zani.

Generalmente las fracturas de origen mecánico presentan bordes con aristas vivas, filosas, en tanto que las roturas por retracción térmica o hídrica se caracterizan por tener labios despostillados de geometría redondeada.

❖ Actividad de las fracturas



Resulta de fundamental importancia conocer si el proceso patológico está activo, para saber si la causa sigue vigente, o si por el contrario, se encuentra estabilizado y, desaparecida aquella, solo quedan los síntomas.

2.2.2.3.3. Erosiones mecánicas

Como consecuencia de pobre adherencia y esfuerzos restantes provocados por dilataciones y contracciones. Fisuras producidas por dilataciones y contracciones superficiales debidas, primero al secado y después a cambios de temperatura o humedad. Aparecen principalmente en revocos y en entramados del tipo encestado (Zani, 2008).

2.2.2.4. Origen físico

2.2.2.4.1. Humedad

- ❖ **Humedades de capilaridad:** en los arranques de los muros, consecuencia de cimentaciones pobres, ausencia de drenajes adecuados y falta de aireación.
- ❖ **Humedades de filtración:** desde el exterior, sobre todo en orientaciones muy expuestas y paños con pocas protecciones volumétricas y superficiales o muy porosas. Dichas humedades pueden traer como consecuencia la aparición de fisuraciones según el punto anterior. (Zani, 2008).

2.2.2.4.2. Erosión física

Como consecuencia de la humedad anterior y las heladas, con el consiguiente deterioro superficial.

2.2.2.4.3. Ensuciamiento

Por depósito y por lavado diferencial, como consecuencia de la concentración de escorrentías de agua. Estos casos, sobre todo en concentraciones urbanas. (Zani, 2008).

2.2.4. COMPOSICIÓN DEL ADOBE

El adobe es un ladrillo elaborado en base al suelo, constituido por proporciones adecuadas de arena, limo, arcilla, fibra (paja) y agua. La relación arcilla – arena del suelo es de gran importancia para el adobe debido a que, si no hay suficiente arcilla en la mezcla no se conseguirá la cohesión necesaria de todas las partículas para soportar las acciones a las



que estará sometido y se desmorone. Por el contrario, si no hay suficiente arena, el ladrillo se fisura por retracción de la arcilla durante el proceso de secado. Si el contenido de arena que presenta el suelo se encuentra por debajo de los parámetros requeridos para su uso como material de construcción se puede recurrir a la adición de arena para mejorar sus propiedades.

La fibra también presenta gran importancia debido a que limita las variaciones de volumen que se producen en el adobe durante el proceso de retracción que ocurre en la etapa de secado. Es decir que evita que el ladrillo se fisure en exceso durante esta etapa. No obstante, la mayoría de fibras orgánicas tiene las desventajas de tener que ser picadas en trozos pequeños para poder ser mezcladas en la masa de adobe, y la de disminuir la manejabilidad del mismo.

Se tiene que tener gran cuidado con la proporción de arena, puesto que no sólo disminuye la retracción, sino que además aumenta la porosidad, disminuye la cohesión y se pierden propiedades mecánicas de la mezcla.

En cuanto a la plasticidad, se afirma que para la mezcla de adobe es conveniente utilizar suelos con bajo índice de plasticidad, ya que cuanto más alto sea, mayor será la cantidad de agua contenida en la masa que lo convierte en moldeable y una vez seco, se tendrán mayores retracciones, por cuanto evaporará un volumen mayor de agua. (Esquivel, 2009)

2.2.4.1. Fabricación del Adobe

- ❖ Se coloca la tierra cernida con agua, para luego hacer una mezcla que debe dejarse aglutinar de un día para otro. Al día siguiente se agrega la paja entera, se pisa y voltea el barro y se deja por un día más.
- ❖ Sobre el terreno seleccionado para moldear los adobes se coloca una capa fina de arena para evitar que éstos peguen al terreno. Los moldes de madera se sumergen previamente en agua durante toda una noche.
- ❖ Una vez cumplidos todos los plazos señalados se hace el moldeo de los adobes comprimiendo fuertemente el barro en las cajas, usando los pies. Con una regla se alisa la superficie y antes de sacar el molde se coloca sobre esta superficie del adobe paja cortada para evitar que se agrieta al secar. Los adobes alineados en hileras se dejan secar al sol



durante cinco días, al cabo de los cuales deben voltearse apoyándolos sobre uno de sus lados más alargados. Al cabo de 15 días deben voltearse nuevamente, parándolos verticalmente sobre uno de los lados más cortos.

- ❖ Luego de esa operación se dejar secar por treinta días al sol, por lo que se fabrican en la época más seca del año (Junio-Septiembre).
- ❖ Pasando ese período se pueden almacenar bajo techo o emplearlos en la construcción. (Esquivel, 2009)

2.2.5. ALBAÑILERÍA DE ADOBE

2.2.5.1. Embarre

Se prepara la tierra de la misma forma que para los adobes y estar libre de grava o residuos pétreos. No se deben producir agrietamientos mayores a 2.5 cm ni espesores mayores a 2 cm.

2.2.5.2. Aplicación

Se moja la pared ligeramente con una brocha de paja y para el espesor (1 a 1.5 cm) se prepara muestras de barro (que quedan mojados), verticalmente se colocan clavos para nivelar. Todo el proceso se hace en estado muy mojado. La mezcla se coloca con fuerza sobre la pared y se aplica con regla y frotacho de madera. Para el acabado se constató que después de poner la paja entera (última capa) no se puede tener una superficie lisa sin que la textura de la paja sobresalga con el frotacho de madera, en este caso se utiliza uno de metal. (Esquivel, 2009)

2.2.5.3. Acabado

Se aplica el barro líquido con brocha de paja sobre el embarre y la superficie no se pulirá demasiado. Se pone 2 o 4 días después del revoque. Es mejor proceder en dos capas. La primera muy rústica y delgada y la segunda de un acabado sin paja que sobresalga.

2.2.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL ADOBE

2.2.6.1. Ventajas del adobe

- ❖ Simplicidad de ejecución
- ❖ Economía
- ❖ Aislamiento térmico y acústico

- ❖ Producción sin consumo de energía

2.2.6.2. Desventajas del adobe

- ❖ Durabilidad
- ❖ Fragilidad ante desastres naturales (terremotos)
- ❖ Poca efectividad del material
- ❖ Baja resistencia a las acciones laterales y degradación de sus propiedades mecánicas por la humedad.

2.2.7. DAÑO EN MUROS DE ADOBE

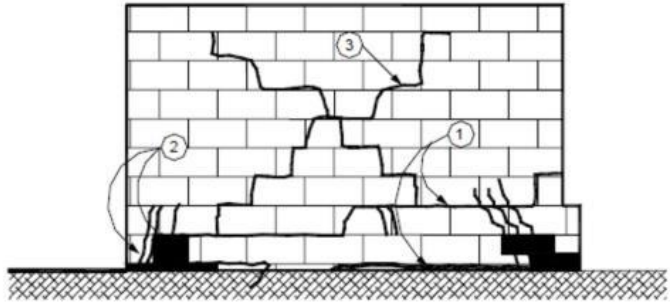
Con ayuda de las fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles desarrollada por la Dirección de Arquitectura Chilena, se puede realizar inspecciones a edificios lesionados por movimientos sísmicos. Las siguientes lesiones son típicas en albañilería simple y confinada, con fisuración por flexión, aplastamiento de adobe o deslizamiento de junta. (Código 1A-MNR)

Tabla 8 Descripción de daño severo

<u>Severo</u>	<u>Criterios:</u> <ul style="list-style-type: none">* La capacidad de carga vertical se disminuye <u>Indicaciones Típicas:</u> <ul style="list-style-type: none">* La fisuración en escalera es muy pronunciada. Las unidades se deslizan de su apoyo inferior* Borde inferior comienza a desintegrarse* El desplazamiento residual es tan grande, que las unidades del borde están por caerse.
---------------	---

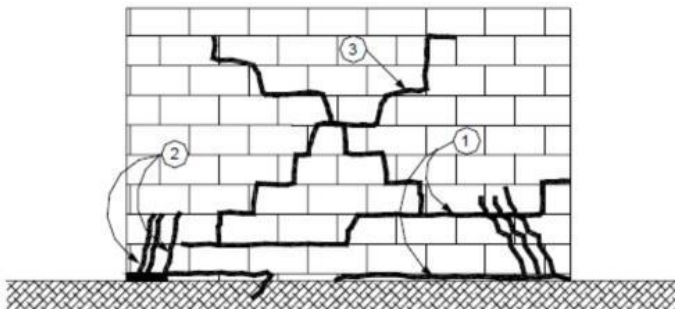
Fuente: Fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles. Dirección de Arquitectura Chilena.

Tabla 9 Descripción de daño fuerte

DAÑO	DESCRIPCION DEL DAÑO
<p><u>Fuerte</u></p>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro, similar a moderado, pero anchura de hasta 12mm 2) Posible fisuración diagonal y descascaramiento en el borde a compresión. Las fisuras se extienden hacia arriba varias hiladas 3) Igual que moderado, pero con fisuras hasta de 12mm <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 

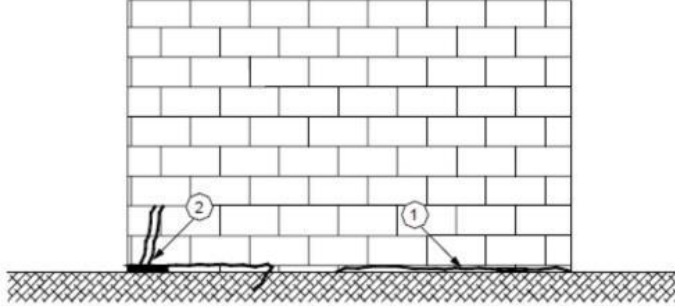
Fuente: Fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles. Dirección de Arquitectura Chilena.

Tabla 10 Descripción de daño moderado

<p><u>Moderado</u></p>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Fisuras horizontales, mortero descascarado en las juntas de la base del muro indicando que ha ocurrido un corrimiento en el plano de hasta aproximadamente 6mm 2) Posible fisuración diagonal y descascaramiento en el borde a compresión. Las fisuras se extienden hacia arriba varias hiladas 3) Posible fisuración diagonal en partes superiores del muro, inclusive en las unidades. <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 
------------------------	--

Fuente: Fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles. Dirección de Arquitectura Chilena.

Tabla 11 Descripción de daño muy leve

DAÑO	DESCRIPCIÓN DEL DAÑO
<u>Ninguno/ Muy Leve</u>	<p><u>Criterios:</u></p> <ol style="list-style-type: none">1) Fisuras horizontales muy delgadas en borde a tracción2) Posible fisuración diagonal y descascaramiento menor en borde a compresión <p><u>Apariencia Típica:</u></p> 

Fuente: Fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles. Dirección de Arquitectura Chilena.

2.2.8. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE POLIPROPILENO

2.2.8.1. Características de las fibras de polipropileno. (Fernández, 2007).

2.2.8.1.1. Propiedades mecánicas

- ❖ **Tenacidad:** deben tener una tenacidad suficiente y siempre mayor que el esfuerzo que deben soportar.
- ❖ **Densidad o peso específico de la fibra:** (g/cm³). Cuanto menor sea, mayor será la superficie de fibra para un mismo peso dado.

2.2.8.1.2. Características físicas

- ❖ **Diámetro:** cuanto menor sea el diámetro mayor será la superficie específica para un mismo peso.
- ❖ **Forma:** debido a las características de cada polímero y a la forma de obtención de las fibras y los dispositivos empleados, las fibras pueden tener diferentes formas.
- ❖ **Superficie:** también en función del polímero y de su forma de obtención, la superficie puede ser lisa o rugosa, con lo cual la superficie específica será superior en este segundo caso y por tanto mayor el rozamiento con otros materiales.

2.2.8.1.3. Propiedades químicas y medioambientales.

- ❖ Resistencia a los ácidos



- ❖ Resistencia a los disolventes
- ❖ Resistencia a los rayos UV y a la intemperie

2.2.8.2. Elección de las fibras adecuadas para cada aplicación

En el caso de las fibras para sujetar o armar tierras, cemento o asfalto, además de la compatibilidad o resistencia a los diferentes agentes que pueden atacarla o perjudicarla, tiene que tener una buena superficie específica y una tenacidad suficiente, es decir, tener un módulo adecuado, facilidad en encontrar cantidades suficientes en el mercado y precios o costes asequibles. (Fernández, 2007)

Cuando se dice que una tenacidad o módulo de elasticidad es adecuada, lo que se quiere decir es que las fibras deben ser más tenaces que los materiales que deben armar. No es necesario que sean mucho más tenaces, ya que sólo se aprovecha la tenacidad compatible con el rozamiento, es decir, a mayor rozamiento mayor será la tenacidad necesaria para que las fibras no se rompan ni que el material se disgregue.

La gran mayoría de fibras sintéticas tiene suficiente tenacidad para cumplir con los requisitos necesarios para su uso en refuerzo.

2.2.8.2.1. Fibras para el refuerzo de tierras

Tabla 12 Propiedades de los tipos de fibras

Fibra	Forma	Resistencia a:			
	Sección	Ácidos	Álcalis	UV	Microorganismo
Poliamida 6	Circular	++	++	++	+++
Poliamida 6.6	Circular	+	+++	+	++
Poliéster	Circular	+++	++	+++	+++
Polietileno	Circular	++++	++++	++	++++
Polipropileno	Circular	++++	++++	+	++++

Fuente: Refuerzo de suelos con fibras. Asociación técnica de carreteras. España

También, desde el punto de vista de “manejabilidad” o práctica de uso, las fibras como el polipropileno son mucho más “volátiles” que las demás, lo cual requiere ciertos cuidados cuando hay que colocarlas con viento.

En cuanto a la longitud de las fibras se puede admitir que fibras cortas y largas sirven para refuerzo y que las muy cortas sólo para refuerzo, mientras que las largas pueden ejercer también funciones de retención o

filtro. El uso, pues, de unas o de otras, o de ambas, dependerá de las funciones que queramos que realicen. (Fernández, 2007)

2.2.9. MÓDULO DE YOUNG

Figura 23 Módulo de elasticidad

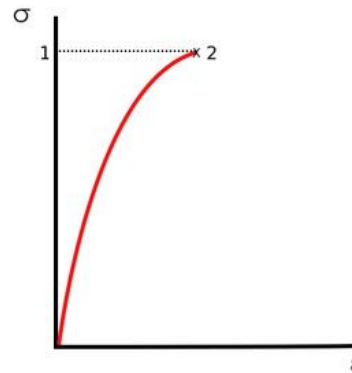


Diagrama tensión - deformación. El módulo de Young viene representado por la tangente a la curva en cada punto.

El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en la que se aplica una fuerza.

Para un material elástico lineal e isótropo, el módulo de Young tiene el mismo valor para una tracción que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico, y es siempre mayor que cero: si se tracciona una barra, aumenta de longitud.

Tanto el módulo de Young como el límite elástico son distintos para los diversos materiales. El módulo de elasticidad es una constante elástica que, al igual que el límite elástico, puede encontrarse empíricamente mediante ensayo de tracción del material.

2.2.9.1. Materiales lineales

Para un material elástico lineal el módulo de elasticidad longitudinal es una constante. En este caso, su valor se define como el cociente entre la tensión y la deformación que aparecen en una barra recta estirada o comprimida fabricada con el material del que se quiere estimar el módulo de elasticidad:



2.2.9.2. Materiales no lineales

Para estos materiales elásticos no lineales se define algún tipo de módulo de Young aparente. La posibilidad más común para hacer esto es definir el módulo de elasticidad secante medio, como el incremento de esfuerzo aplicado a un material y el cambio correspondiente a la deformación unitaria que experimenta en la dirección de aplicación del esfuerzo.

2.2.10. ESFUERZOS NORMALES AXIALES

Esfuerzos normales, son aquellos debidos a fuerzas perpendiculares a la sección transversal. Esfuerzos axiales, son aquellos debidos a fuerzas que actúan a lo largo del eje del elemento.

Los esfuerzos normales axiales por lo general ocurren en elementos como cables, barras o columnas sometidos a fuerzas axiales (que actúan a lo largo de su propio eje), las cuales pueden ser de tensión o de compresión. Además de tener resistencia, los materiales deben tener rigidez, es decir tener capacidad de oponerse a las deformaciones puesto que una estructura demasiado deformable puede llegar a ver comprometida su funcionalidad y estética. En el caso de fuerzas axiales (de tensión o compresión), se producirán en el elemento alargamientos o acortamientos, respectivamente, como se muestra en la figura 24. (Salazar, 2001).

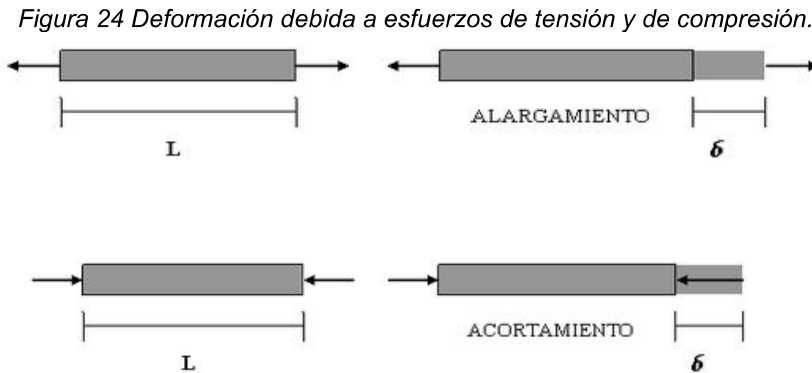
Una forma de comparar la deformación entre dos elementos, es expresarla como una deformación porcentual, o en otras palabras, calcular la deformación que sufrirá una longitud unitaria del material, la cual se denomina deformación unitaria e . (Salazar, 2001).

$$\tau = F/A$$

Dónde:

- ❖ τ : esfuerzo cortante
- ❖ F: Fuerza que produce el esfuerzo cortante
- ❖ A: Área sometida a esfuerzo cortante

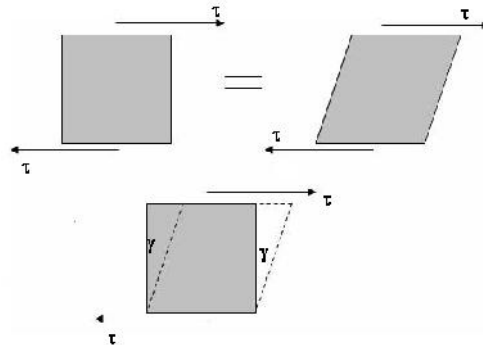
Algunas características mecánicas de los materiales como su resistencia (capacidad de oponerse a la rotura), su rigidez (capacidad de oponerse a las deformaciones) y su ductilidad (capacidad de deformarse antes de romperse), por lo general se obtienen mediante ensayos en laboratorio (resistencia de materiales experimental), sometiendo a pruebas determinadas porciones del material (probetas normalizadas) para obtener esta información.



*Fuente: Salazar (2001). Universidad Nacional de Colombia.
Resistencia de Materiales.*

2.2.11. ESFUERZOS CORTANTES

Figura 25 Deformación debida a los esfuerzos cortantes



*Fuente: Salazar (2001). Universidad Nacional de Colombia.
Resistencia de Materiales*

Las fuerzas aplicadas a un elemento estructural pueden inducir un efecto de deslizamiento de una parte del mismo con respecto a otra. En este caso, sobre el área de deslizamiento se produce un esfuerzo cortante, o de cizalladura. Análogamente a lo que sucede con el esfuerzo normal, el esfuerzo cortante se define como la relación entre la fuerza y el área a

través de la cual se produce el deslizamiento, donde la fuerza es paralela al área. Esfuerzo cortante es igual a la fuerza entre el área donde se produce el deslizamiento. (Salazar, 2001).

Las deformaciones debidas a los esfuerzos cortantes, no son ni alargamientos ni acortamientos, sino deformaciones angulares, como se muestra en la figura n°25.

2.2.12. NORMA E030

2.2.12.1. Zonificación

El territorio nacional se considera dividido en tres zonas, como se muestra en la figura 13. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica.

Tabla 13 Factores de Zona

FACTORES DE ZONA	
ZONA	Z
3	0,4
2	0,3
1	0,15

Fuente: Norma técnica E.030. Diseño sismo resistente.

Figura 26 Zonas Sísmicas



Fuente: Norma técnica E.030. Diseño sismo resistente.

2.2.12.2. Condiciones Geotécnicas

Para los efectos de esta Norma, los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos son cuatro:

❖ **Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos**

A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s.

❖ **Perfil tipo S2: Suelos intermedios**

Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3

❖ **Perfil tipo S3: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor**

Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6 s.

❖ **Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales.**

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de T_p y del factor de amplificación del suelo S , dados en la Tabla N°14.

Tabla 14 Parámetros del suelo

Parámetros del Suelo			
Tipo	Descripción	T_p (s)	S
S ₁	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S ₂	Suelos intermedios	0,6	1,2
S ₃	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S ₄	Condiciones excepcionales	*	*

Fuente: Norma técnica E.030. Diseño sismo resistente.

2.2.12.3. Factor de amplificación sísmica

De acuerdo a las características de sitio, se define el factor de amplificación sísmica (C) por la siguiente expresión:

$$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2,5$$

Este coeficiente se interpreta como el factor de amplificación de la respuesta estructural respecto de la aceleración en el suelo.

2.2.12.4. Categoría de las edificaciones

Tabla 15 Categoría de las edificaciones

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	FACTOR U
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1,5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales.	1,3
	También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1,0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	(*)

Fuente: Norma técnica E.030. Diseño sismo resistente.

2.2.12.5. Configuración estructural

Las estructuras deben ser clasificadas como regulares o irregulares con el fin de determinar el procedimiento adecuado de análisis y los valores apropiados del factor de reducción de fuerza sísmica.

2.2.12.5.1. Estructuras regulares.

Son las que no tienen discontinuidades significativas horizontales o verticales en su configuración resistente a cargas laterales.

2.2.12.5.2. Estructuras Irregulares.

Se definen como estructuras irregulares aquellas que presentan una o más de las características indicadas en la Tabla 16.

Tabla 16 Irregularidades estructurales

IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN ALTURA
Irregularidades de Rigidez – Piso blando En cada dirección la suma de las áreas de las secciones transversales de los elementos verticales resistentes al corte en un entrepiso, columnas y muros, es menor que 85 % de la correspondiente suma para el entrepiso superior, o es menor que 90 % del promedio para los 3 pisos superiores. No es aplicable en sótanos. Para pisos de altura diferente multiplicar los valores anteriores por (h_i/h_d) donde h_d es altura diferente de piso y h_i es la altura típica de piso.
Irregularidad de Masa Se considera que existe irregularidad de masa, cuando la masa de un piso es mayor que el 150% de la masa de un piso adyacente. No es aplicable en azoteas
Irregularidad Geométrica Vertical La dimensión en planta de la estructura resistente a cargas laterales es mayor que 130% de la correspondiente dimensión en un piso adyacente. No es aplicable en azoteas ni en sótanos. Discontinuidad en los Sistemas Resistentes. Desalineamiento de elementos verticales, tanto por un cambio de orientación, como por un desplazamiento de magnitud mayor que la dimensión del elemento.
IRREGULARIDADES ESTRUCTURALES EN PLANTA
Irregularidad Torsional Se considerará sólo en edificios con diafragmas rígidos en los que el desplazamiento promedio de algún entrepiso exceda del 50% del máximo permisible indicado en la Tabla N°8 del Artículo 15 (15.1). En cualquiera de las direcciones de análisis, el desplazamiento relativo máximo entre dos pisos consecutivos, en un extremo del edificio, es mayor que 1,3 veces el promedio de este desplazamiento relativo máximo con el desplazamiento relativo que simultáneamente se obtiene en el extremo opuesto.
Esquinas Entrantes La configuración en planta y el sistema resistente de la estructura, tienen esquinas entrantes, cuyas dimensiones en ambas direcciones, son mayores que el 20 % de la correspondiente dimensión total en planta.
Discontinuidad del Diafragma Diafragma con discontinuidades abruptas o variaciones en rigidez, incluyendo áreas abiertas mayores a 50% del área bruta del diafragma.

Fuente: Norma técnica E.030. Diseño sismo resistente.

2.2.12.6. Sistemas estructurales

Los sistemas estructurales se clasificarán según los materiales usados y el sistema de estructuración sísmoresistente predominante en cada dirección tal como se indica en la Tabla 17.

Según la clasificación que se haga de una edificación se usará un coeficiente de reducción de fuerza sísmica (R). Para el diseño por resistencia última las fuerzas sísmicas internas deben combinarse con factores de carga unitarios. En caso contrario podrá usarse como (R) los valores establecidos en Tabla 17 previa multiplicación por el factor de carga de sismo correspondiente.

Tabla 17 Sistemas estructurales

SISTEMAS ESTRUCTURALES	
Sistema Estructural	Coefficiente de Reducción, R Para estructuras regulares (*) (**)
Acero	
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos.	9,5
Otras estructuras de acero:	6,5
Arriostres Excéntricos.	6,0
Arriostres en Cruz.	6,0
Concreto Armado	
Pórticos ⁽¹⁾ .	8
Dual ⁽²⁾ .	7
De muros estructurales ⁽³⁾ .	6
Muros de ductilidad limitada ⁽⁴⁾ .	4
Albañilería Armada o Confinada ⁽⁵⁾ .	3
Madera (Por esfuerzos admisibles)	7

Fuente: Norma técnica E.030. Diseño sísmo resistente.

Para diseño por esfuerzos admisibles el valor de R será 6

2.2.12.7. Desplazamientos laterales

❖ Desplazamientos laterales permisibles

Tabla 18 Límites de desplazamiento lateral

LÍMITES PARA DESPLAZAMIENTO LATERAL DE ENTREPISO	
Estos límites no son aplicables a naves industriales	
Material Predominante	(D_i / h_{e_i})
Concreto Armado	0,007
Acero	0,010
Albañilería	0,005
Madera	0,010

Fuente: Norma técnica E.030. Diseño sísmo resistente.

**2.2.12.8. Análisis de edificios****2.2.12.8.1. Peso de la Edificación**

El peso (P), se calculará adicionando a la carga permanente y total de la Edificación un porcentaje de la carga viva o sobrecarga que se determinará de la siguiente manera:

- ❖ En edificaciones de las categorías A y B, se tomará el 50% de la carga viva.
- ❖ En edificaciones de la categoría C, se tomará el 25% de la carga viva.

2.2.12.8.2. Desplazamientos laterales

Los desplazamientos laterales se calcularán multiplicando por 0,75R los resultados obtenidos del análisis lineal y elástico con las sollicitaciones sísmicas reducidas. Para el cálculo de los desplazamientos laterales no se considerarán los valores mínimos de C/R ni el cortante mínimo en la base.

2.2.12.9. Análisis dinámico**2.2.12.9.1. Análisis por combinación modal espectral****❖ Modos de Vibración**

Los periodos naturales y modos de vibración podrán determinarse por un procedimiento de análisis que considere apropiadamente las características de rigidez y la distribución de las masas de la estructura.

❖ Aceleración Espectral

Para cada una de las direcciones horizontales analizadas se utilizará un espectro inelástico de pseudo-aceleraciones definido por: ZUCS

$$S_a = \frac{ZUCS}{R} \cdot g$$

2.2.13. NORMA E070 ALBAÑILERÍA**2.2.13.1. Requisitos estructurales mínimos****2.2.13.1.1. Muro portante****❖ Espesor efectivo “t”**

$$t \geq \frac{h}{20} \quad \text{Para las Zonas Sísmicas 2 y 3}$$
$$t \geq \frac{h}{25} \quad \text{Para la Zona Sísmica 1}$$

Donde “h” es la altura libre entre los elementos de arriostre horizontales o la altura efectiva de pandeo.

❖ Esfuerzo Axial Máximo

El esfuerzo axial máximo (P), incluyendo el 100% de sobrecarga, será inferior a:

$$\sigma_m = \frac{P_m}{L.t} \leq 0,2 f'_m \left[1 - \left(\frac{h}{35 t} \right)^2 \right] \leq 0,15 f'_m$$

Donde “L” es la longitud total del muro. De no cumplirse esta expresión habrá que mejorar la calidad de la albañilería.

La carga axial actuante en un muro puede reducirse, por ejemplo, utilizando losas de techo macizas o aligeradas armadas en dos direcciones.

2.2.14. NORMA E080 ADOBE**2.2.14.1. Comportamiento Sísmico de las edificaciones de Tierra**

Las edificaciones de tierra, deberán cumplir con las siguientes características generales de configuración:

- ❖ Muros anchos para su mayor resistencia y estabilidad frente al volteo. El espesor mínimo del muro será de 0.40 m.
- ❖ En caso se opte por otras dimensiones, el ingeniero responsable deberá sustentar su propuesta mediante métodos racionales y/o experimentales.
- ❖ La densidad de muros en la dirección de los dos ejes principales tendrá el valor mínimo indicado en la tabla 19 - factor de uso y densidad por tipo de edificación. De ser posible, todos los muros deben ser portantes y arriostrados.

Tabla 19 Factor de uso según el tipo de edificación

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
A.030 Hospedaje A.040 Educación	1,4	15%
A.050 Salud A.090 Servicios comunales A.100 Recreación y deportes A.110 Transporte y Comunicaciones		
A.060 Industria A.070 Comercio A.080 Oficinas	1.2	12%

Fuente: Norma técnica E.080. Adobe

- ❖ Tener una planta simétrica respecto a los dos ejes principales.

- ❖ El espesor, densidad y altura de muros, la distancia entre arriostres verticales, las dimensiones de las aberturas, así como los materiales y la técnica constructiva, para la construcción de una edificación de tierra, deben ser aplicados de manera continua y homogénea.

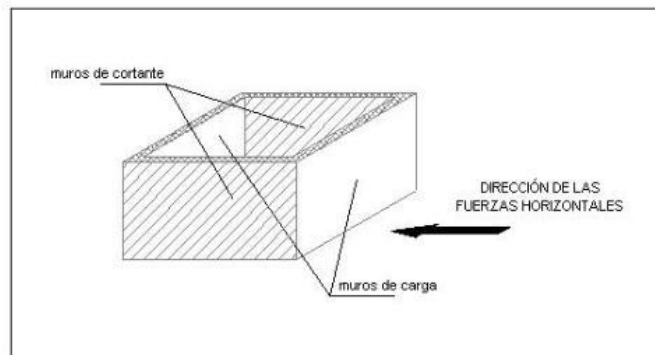
Es aconsejable que los muros tengan una esbeltez vertical igual o menor a 6 y los muros transversales o arriostres verticales deben tener, entre sí, una distancia igual o menor a 10 veces el espesor del muro, es decir una esbeltez horizontal igual a 10.

- Sin embargo, la esbeltez vertical podrá llegar a ser máximo 8, si los muros transversales tienen una esbeltez horizontal más restringida igual o menor a 7.5.
- Los contrafuertes o arriostres de muros verticales, no deben tener un espesor menor al de los muros que estabiliza, ni una longitud total menor a tres veces su espesor, ni mayor a cinco veces su espesor.

2.2.15. SISTEMA DE MURO ESTRUCTURAL DE ADOBE

2.2.15.1. Subsistema muro, propiamente dicho

Figura 27 Muro cortante



Fuente: Cálculo y análisis de estructuras de adobe.

El subsistema muro actúa de dos formas en la estructura

- ❖ Como muro de carga sirviendo de apoyo para el piso y o techo actuando como elemento a compresión, siendo esta su principal función.
- ❖ Como muro de cortante, dando estabilidad ante las fuerzas horizontales que actúan en direcciones perpendiculares a los planos de otros muros,



produciéndose un arrostramiento lateral. Este arrostramiento lateral se da en un plano vertical y rígido pudiendo actuar independientemente del resto de la estructura. (De la Torre, 2003).

2.2.15.2. Muro de carga

2.2.15.2.1. Cargas verticales

Se deben considerar los siguientes esfuerzos sobre el muro de carga por la acción de las cargas verticales, con magnitud no excesiva y excentricidad nulo o bajo, esfuerzo promedio para la sección bruta y para la sección neta, esfuerzo de aplastamiento, esfuerzo de flexión. Estas acciones determinan predominantemente la función resistente del muro de carga.

$$\sigma_{neta} = \frac{P}{A_{neta}}$$

Donde:

- P: carga
 - A_{neta}: área real que absorbe la carga
-
- ❖ **Esfuerzo de aplastamiento:** para cargas concentradas. Cuando existe un elemento superficial que reparta la carga en un región suficientemente grande del muro.
 - ❖ **Esfuerzo de flexión:** para cargas no axiales al muro debidas a ménsulas o defectos de diseño o montaje.

En general los muros soportan con eficiencia las cargas verticales excepto en situaciones de carga no axial. Suele ocurrir que estas situaciones se dan por un diseño inadecuado de los detalles constructivos que transmiten las cargas verticales a los muros. (De la Torre, 2003)

- ❖ **Esbeltez y excentricidad en los muros**

Para contemplar situaciones con carga excesiva o excentricidades también elevadas, se considera la esbeltez de los muros precediéndose a establecer un coeficiente de pandeo que permita definir un espesor de muro que nos dé garantías de un comportamiento resistente elástico que



permita una transmisión del esfuerzo horizontal a la cimentación o a los muros de cortante y de estos a la cimentación.

Mediante la consideración de esbeltez nos acercamos a la verdadera dimensión del problema. Todo lo expresado anteriormente tiene sentido si la carga es inferior a la carga crítica. Si la carga es superior a la crítica la situación de partida es de equilibrio inestable. (De la Torre, 2003). Consideraremos que la carga crítica asociada, al encontrarnos en el régimen elástico es:

$$P_{crítica} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{4 \cdot h^2}$$

Donde:

- *P crítica*: Carga crítica
- *E*: Módulo de elasticidad
- *I*: Inercia
- *h*: Altura

Que es la de un caso de un prisma recto empotrado en un extremo y libre en el otro y carga con o sin excentricidad.

2.2.16. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTILLAS SHELL Y SOLID DEL PROGRAMA SAP2000

2.2.16.1. Características de la plantilla Shell

Un Shell es un objeto de área de tres o cuatro nodos utilizado para modelar el comportamiento de la membrana y la placa de flexión. Los objetos Shell son útiles para la simulación de sistemas de suelos, paredes y la cubiertas del puentes; superficies curvas en 3D; y componentes dentro de los elementos estructurales.

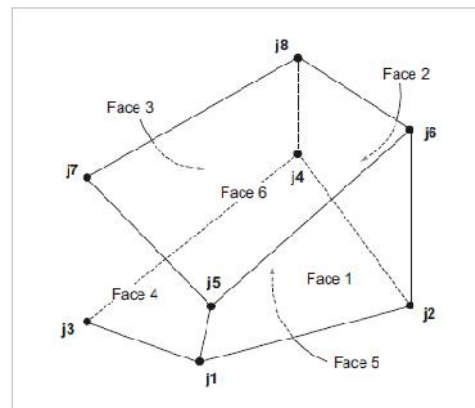
Los Shell pueden ser homogéneos o en capas a lo largo de su espesor. Las propiedades de los materiales no lineales dependen de la temperatura, ortotrópico, y pueden ser destinados a las Shell en capas. Los objetos Shell en capas exhibirán la localización de comportamiento no lineal. Los objetos Shell pueden ser asignados con restricciones de borde, y pueden ser cargados en cualquier dirección, a lo largo de cualquier lado.

2.2.16.2. Características de la plantilla Solid

Los sólidos son objetos de ocho nodos utilizados para modelar sistemas estructurales 3D. Cada sólido tiene seis caras cuadrilátero con una articulación en cada esquina. Los nodos pueden formar cuñas, tetraedros y otros volúmenes irregulares. Una formulación isoparamétrica ofrece nueve modos de flexión incompatibles opcionales que mejoran el comportamiento de flexión. Utiliza materiales, dependientes de la temperatura, y anisotrópicos; las propiedades pueden ser asignadas, las cargas de gravedad, las presiones de superficie, y cargas térmicas se pueden aplicar.

Los resortes rojos presentes en el modelo se generan normalmente por objetos sólidos con restricciones de borde para contener sus articulaciones de rotación.

Figura 28 Objeto diseñado con plantilla Solid



Fuente: Manual de referencia de análisis para SAP2000

Los objetos sólidos activan sólo tres grados de libertad (DOF) en cada ubicación conjunta. Dado que los objetos sólidos no proporcionan rigidez rotacional, los muelles internos de rotación se generan en las articulaciones afectadas para proporcionar rigidez rotacional tal que inestabilidades numéricas locales no se produzcan. (CSI, 2013).

2.2.17. FUNDAMENTOS DEL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS

El método de los elementos finitos es un método de discretización, y resolución numérica de problemas de valores iniciales y, o de entorno de



ecuaciones diferenciales que definen problemas continuos, planteadas a través de una formulación de tipo integral.

La idea básica reside en la discretización del continuo de infinitos grados de libertad en partes a las que se denominan elementos finitos con un número finito de grados de libertad pero suficientemente cuantioso como para necesitar de una computadora para la resolución del sistema de ecuaciones diferenciales del sistema discreto que es el modelo del sistema real. El aumento de la velocidad de cálculos de las computadoras permite una popularización de este método de cálculo limitado por el aumento excesivo de los grados de libertad finitos del modelo.

El sistema discreto general, base del MEF y que sustituye al continuo, se caracteriza por estar constituido por un número m de componentes (elementos) definidos cada uno por dos series de parámetros discretos: unos describen al elemento y otros el comportamiento del sistema en su conjunto con un número i de parámetros. (De la Torre, 2003).

2.2.17.1. Análisis de una estructura de tres dimensiones mediante el método de elementos finitos

Al comentar el sistema discreto general y el método de resolución mediante el MEF y su relación con la resolución de un sistema de barras mediante el método matricial, concretamos algo más este proceso de discretización para los problemas de tensiones y deformaciones en un continuo elástico de tres dimensiones. (De la Torre, 2003).

Este proceso pone de manifiesto de nuevo la relación entre la resolución de un medio continuo de tres dimensiones y un sistema de barras resuelto por el sistema matricial:

- ❖ Se discretiza el modelo geométrico mediante el mallado de elementos finitos, traduciendo un problema de infinitos grados de libertad a un sistema discreto de n grados de libertad. Podemos asimilar este proceso a dividir el modelo tridimensional mediante superficies imaginarias.



- ❖ Los elementos se conectan entre sí mediante puntos discretos denominados nodos, siendo los desplazamientos y estos nodos quedan determinados los grados de libertad del sistema. Cada elemento interpola los valores de las variables de los procesos en función de los valores en los nodos.
- ❖ De los movimientos nodales pueden obtenerse las deformaciones, las tensiones y las reacciones en los nodos con desplazamientos conocidos.

2.2.18. RESTAURACIÓN Y CONSERVACIÓN

Según la Carta de Venecia, la restauración es una operación que debe tener un carácter excepcional. Tiene como fin conservar y revelar los valores estéticos e históricos del monumento y se fundamenta en el respeto a la esencia antigua y a los documentos auténticos. Su límite está allí donde comienza la hipótesis: en el plano de las reconstituciones basadas en conjeturas, todo trabajo de complemento reconocido como indispensable por razones estéticas o técnicas aflora de la composición arquitectónica y llevará la marca de nuestro tiempo. La restauración estará siempre precedida y acompañada de un estudio arqueológico e histórico del monumento. La conservación de monumentos implica primeramente la constancia en su mantenimiento. (ICOMOS, 1965)

2.2.18.1. Cartas y recomendaciones internacionales sobre la conservación del patrimonio cultural

Existen unas 15 declaraciones y recomendaciones internacionales sobre la conservación de los bienes culturales muebles e inmuebles. La primera de ellas es la Carta de Atenas que data de 1931 y dio una expresión inicial de los principios fundamentales que deben presidir la preservación y conservación de los monumentos. La Carta de Venecia en 1964, reexamina esos principios, en vista de la complejidad del problema, con el fin de profundizarlos y dotarlos de mayor alcance. En esta Carta se define los términos de CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN.

Después de varias resoluciones y revisiones se elabora en 1979, la Carta para la Conservación de Lugares de Valor Cultural o Carta De Burra,



Australia. Esta carta incorpora a los términos de conservación y restauración, los de PRESERVACIÓN, RECONSTRUCCIÓN Y ADAPTACIÓN. Es decir se flexibiliza y amplía las posibilidades de intervención en los monumentos históricos.

La Carta de Brasilia, ICOMOS- Brasil 1995, trata sobre la autenticidad del patrimonio cultural y el mensaje que proyecta a la sociedad. Estamos ante un bien auténtico cuando existe correspondencia entre el objeto material y su significado. (INC, 2007)

2.2.18.2. Incompatibilidad de los criterios de conservación con los códigos vigentes de diseño y construcción.

Daniel Torrealva y Antonio Blanco en "La Intervención Estructural en Monumentos Históricos. El caso de la Reconstrucción de la Catedral de Arequipa" consideran que uno de los problemas que se presenta en una Intervención estructural de edificios históricos es el siguiente:

"Cómo compatibilizar los requisitos de seguridad que se especifican en los códigos vigentes de diseño y construcción de edificaciones, con los criterios de conservación para edificaciones consideradas patrimonio cultural".

Si en una intervención estructural de un monumento histórico aplicamos los códigos vigentes de diseño y construcción, con lo que nos llevaría a utilizar refuerzos y estructuras adicionales hechas con materiales modernos, esta acción haría que el monumento pierda valor histórico y cultural. Además por las características estructurales del monumento, el código de diseño sísmico solicitaría tal cantidad de refuerzos de acero y concreto que cambiaría el sistema estructural del edificio. En ambos casos el monumento pierde valor histórico ya sea por destrucción sísmica o por cambios sustanciales en su condición de material.

Los códigos vigentes de diseño sísmico están basados en los siguientes conceptos:

- ❖ "Sismicidad del lugar"
- ❖ "Respuesta del suelo"
- ❖ "Uso de la edificación"



- ❖ "Tiempo de vida útil"
- ❖ "Características de los materiales de construcción"
- ❖ "Economía del país"

En el caso de monumentos históricos la aplicación de estos códigos es infundada por las siguientes razones:

- ❖ "Las estructuras de edificios históricos difieren sustancialmente de las actuales en cuanto a características mecánicas y respuesta sísmica".
- ❖ "Poseen ya una cierta debilidad específica, producto del deterioro causado por el paso del tiempo y usualmente, falta de ductilidad y de continuidad estructural. Contrario al proceso de diseño moderno, donde el ingeniero estructural decide, basado en su propia convicción y criterio, el refuerzo necesario, en el caso de edificios históricos, la decisión es compartida entre el ingeniero estructural, el arquitecto de conservación y el historiador. "

2.2.19. NECESIDAD DE INTERVENCIÓN DE LA EDIFICACIÓN

El ingeniero Salvador Safina Melone en su investigación "Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico" nos dice que el resultado de la evaluación sísmica de una edificación nos sirve para la toma de decisiones referente a la necesidad de intervención de una edificación. Esta decisión puede dirigirse hacia diferentes posiciones que van desde no tomar ninguna acción, hasta hacer mínimas reparaciones y/o modificaciones, adecuar, reajustar la edificación.

Cada una de estas acciones debe estar dirigida a reducir la vulnerabilidad funcional, no estructural o estructural de la edificación, dependiendo de los requerimientos asociados al nivel de desempeño esperado y a los resultados de la misma evaluación. En este sentido lo importante es entender que la intervención de la vulnerabilidad de los elementos expuestos debe hacerse antes de la ocurrencia del evento sísmico para lograr una efectiva mitigación del daño causado por el mismo y que permita reducir o prevenir los daños y consecuencias que puede inducir un evento sísmico sobre una región o población. De manera que, la pronta adopción



de medidas preventivas es la mejor manera de mitigar los efectos producidos por estos desastres. (Organización Panamericana de la Salud. OPS, 1993).

2.2.19.1. La intervención estructural

Desde un punto de vista estructural, el reajuste de una edificación, comúnmente referida como reforzamiento estructural, consiste en una modificación sensata de las características estructurales (resistencia, rigidez, masa, deformabilidad, capacidad de disipación de energía, etc.). Que permita proporcionar a la misma un desempeño sísmico aceptable. Ello implica necesariamente la identificación de las deficiencias sísmicas de la edificación y la selección de una apropiada estrategia de adecuación que permita reducir la vulnerabilidad a un nivel aceptable, conforme con las características particulares de cada edificación. (ATC-40, 1996).

Las estrategias de adecuación o reforzamiento estructural persiguen reducir la susceptibilidad de la edificación de sufrir daños debidos a un sismo. Teniendo en cuenta que dichos daños generalmente dependen del nivel de deformaciones (máxima deformación), así como de la historia de deformaciones (número, magnitud, secuencia de incursiones inelásticas, etc.), es importante reconocer que el control de daños implica en cierta manera el control de las deformaciones relativas.

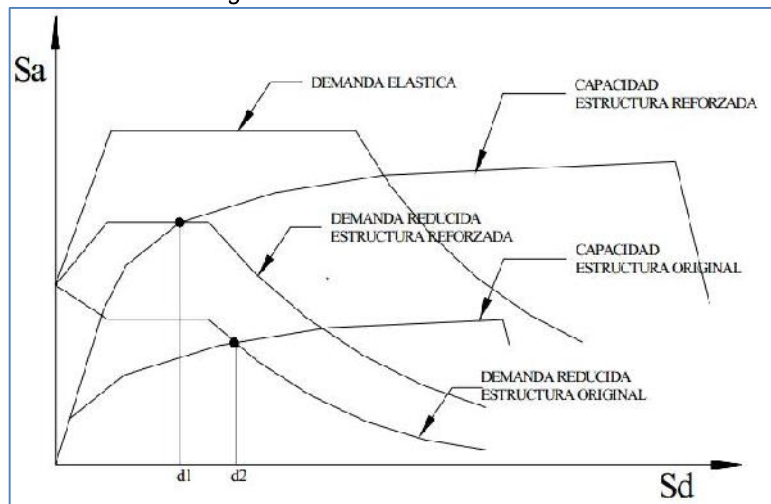
La intervención estructural consiste en la implementación de todas aquellas medidas estructurales necesarias para garantizar un nivel de desempeño estructural adecuado ante un sismo. En términos generales, las estrategias de reforzamiento y adecuación estructural pueden englobarse desde el punto de vista cualitativo en tres grupos (ATC-40, 1996); las técnicas de rigidización y/o reforzamiento, técnicas para elevar la capacidad de deformación y técnicas para reducir la demanda sísmica. En la práctica, estas técnicas suelen implementarse a través de la inserción de elementos adicionales como muros de corte, contrafuertes, pórticos, reforzamiento de diafragmas, reforzamiento de columnas y vigas, reducción de masa por

remoción o sustitución de componentes pesados inconvenientemente situados.

2.2.19.1.1. Reforzamiento y rigidización del sistema

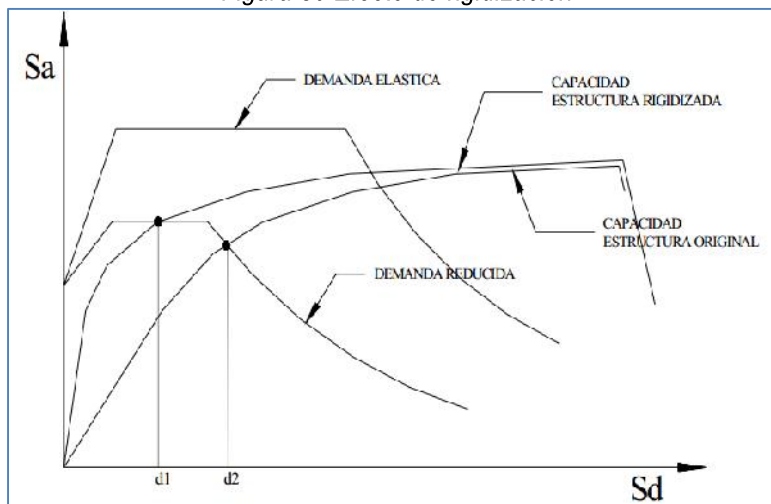
Representan las estrategias más comúnmente empleadas para intervenir edificaciones con un inadecuado sistema resistente a cargas laterales.

Figura 29 Efecto de reforzamiento



Fuente: Desempeño sísmico en edificaciones esenciales (ATC-40, 1996)

Figura 30 Efecto de rigidización



Fuente: Desempeño sísmico en edificaciones esenciales (ATC-40, 1996)

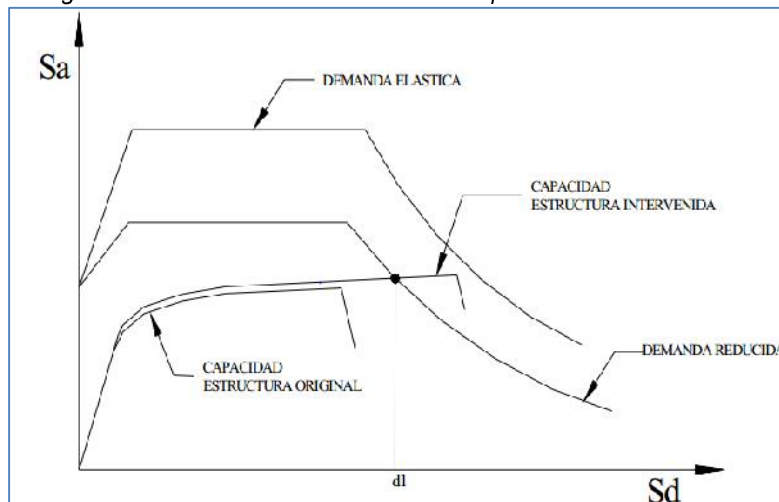
Pueden estar orientadas a incrementar la capacidad resistente o incrementar la rigidez lateral. Ambas estrategias están muy relacionadas, pero son diferentes. Las figuras 29 y 30 esquematizan el efecto de este tipo de intervención que en términos prácticos se implementan con la

introducción de muros o pórticos adicionales en la estructura o a través de la intervención de los existentes.

2.2.19.1.2. Mejoramiento de la capacidad de deformación

El incremento de la capacidad de deformación del sistema se logra mejorando la capacidad de deformación de los elementos que la componen, de manera que las acciones generalmente están orientadas a mejorar el confinamiento en elementos poco dúctiles, incrementar la resistencia, reducir la rigidez localmente o agregar soportes adicionales. La figura 31 esquematiza el efecto de esta intervención.

Figura 31 Efecto del incremento de la capacidad de deformación

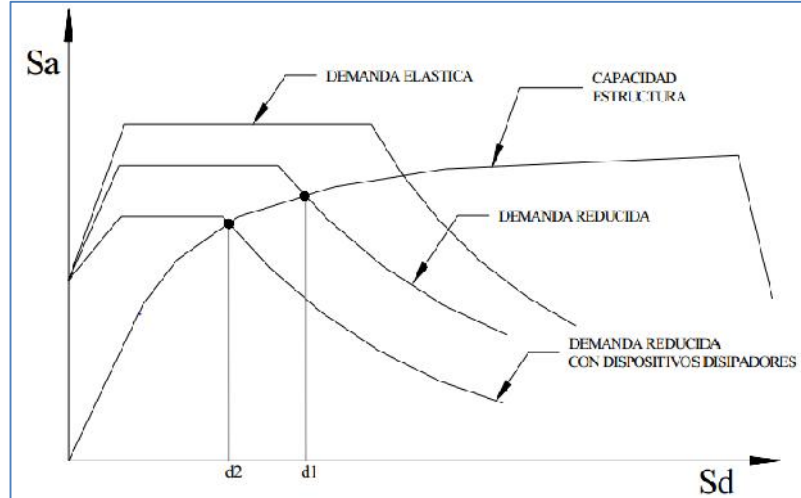


Fuente: Desempeño sísmico en edificaciones esenciales (ATC-40, 1996)

2.2.19.1.3. Reducción de la demanda sísmica

Implica modificaciones en la respuesta estructural para reducir las demandas de fuerzas y deformaciones en el sistema. Existen diferentes estrategias tales como el aislamiento de la base, el incremento de la capacidad de disipación de energía empleando dispositivos disipadores (figura 32) y finalmente, la reducción de masas innecesarias, que redundará en reducción de las fuerzas sísmicas.

Figura 32 Efecto del incremento de la capacidad de disipación de energía



Fuente: Desempeño sísmico en edificaciones esenciales (ATC-40, 1996)

Si bien estas medidas pretenden reducir la vulnerabilidad estructural, en la mayoría de los casos, no son suficientes para reducir la vulnerabilidad no estructural y mucho menos funcional. De manera que cuando se decide la intervención de una edificación, debe hacerse con una visión suficientemente amplia para cubrir los diferentes aspectos involucrados. En este sentido, es importante diferenciar una intervención estructural de una intervención no estructural.

2.2.19.2. Intervención estructural en edificaciones históricas

2.2.19.2.1. Consideraciones para las intervenciones estructurales

Al realizar una intervención se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Estudios y evaluaciones que consideren las características y valores históricos de los edificios a intervenir como el entorno que los rodea, como se menciona:

"Toda intervención deberá estar basada en estudios y evaluaciones adecuados. Los problemas deberán ser resueltos en función de las condiciones y necesidades pertinentes, respetando los valores estéticos e históricos, así como la integridad física de la estructura o del sitio de carácter histórico" (ICOMOS, 1999)

Toda propuesta de intervención deberá:

- ❖ "Utilizar métodos y técnicas tradicionales"



- ❖ "Ser técnicamente reversible, si es posible" o "Al menos, no estorbar o impedir los trabajos de conservación, que pudieran ser ulteriormente necesarios" y "No impedir el acceso, en el, futuro, a las informaciones incorporadas en la estructura" (ICOMOS, 1999)

2.2.19.2.2. Peculiaridades de las edificaciones históricas para la evaluación estructural

En las intervenciones estructurales se debe tomar en cuenta que no es lo mismo intervenir en edificaciones modernas y en edificaciones históricas, debido a que se debe considerar la compatibilidad de los materiales a utilizar en la intervención. En el XIV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, 2003 se hace referencia a lo siguiente: "Las edificaciones históricas representan un reto muy particular para la Ingeniería actual. Mientras que para las edificaciones modernas, el proceso de evaluación y posterior reforzamiento cuenta con procedimientos tecnológicos comprobados analítica y experimentalmente; aunque no en todos los casos, en las edificaciones históricas buena parte de estos procesos se encuentran todavía en una fase de exploración o de empirismo. En muchos casos, la condición de patrimonio monumental de estos edificios limita la intervención ingenieril con los métodos comunes a los edificios modernos. Actualmente, la posibilidad de plantear métodos modernos de intervención estructural debe tomar en cuenta la necesidad de un control posterior del desempeño estructural, la compatibilidad entre los materiales existentes y los nuevos, así como la reversibilidad de la intervención es decir, debe considerarse el posible cambio de la intervención por otra mejor, de acuerdo al avance tecnológico y del conocimiento". (Esquivel, 2009)

2.2.19.3. La intervención no estructural

La intervención no estructural consiste en la implementación de todas aquellas medidas sobre el sistema, los elementos y los componentes no estructurales, necesarias para garantizar su adecuado desempeño ante un sismo. Si bien, la intervención estructural repercute sobre algunos componentes no estructurales (como paredes y tabiques), es evidente que ciertos elementos, equipamiento y/o contenido expuestos, merecen la adopción de medidas apropiadas para reducir o eliminar su vulnerabilidad,



evitando que sufran daño o que su fallo pueda atentar contra la seguridad de los ocupantes, los bienes y/o la funcionalidad de la instalación. En general, entre estas medidas de mitigación destacan la remoción y/o reubicación de elementos peligrosos, la restricción de la movilización de ciertos objetos, la fijación sobre todo de estanterías y otros elementos altos. (ATC-40, 1996).

2.2.19.4. Acciones durante y después de la restauración

2.2.19.4.1. Acciones durante la restauración

❖ Consolidación

Es la intervención más respetuosa dentro de la restauración y tiene por objeto detener las alteraciones en proceso. Como el término mismo lo indica, “da solidez” a un elemento que la ha perdido o la está perdiendo. En este sentido la consolidación implica cualquier acción que se realice para dar solidez a los elementos de un edificio; en algunos casos un apuntalamiento o la colocación de un resane en un muro pueden ser considerados como procesos de consolidación, pues su finalidad es detener el deterioro de sus elementos o materiales.

La consolidación implica también la aplicación de materiales adhesivos, cementantes o de soporte en el bien inmueble con el fin de asegurar su integridad estructural y su permanencia en el tiempo. (MONJO, 1998).

❖ Recomposición

Esta labor consiste en el desarmado o desmontaje de un piso, muro o paramento existente, previa anastilosis, el mismo que posteriormente será rearmado con un nuevo mortero para garantizar su solidez.

❖ Reintegración

Es la intervención que tiene por objeto devolver unidad a elementos arquitectónicos deteriorados, mutilados o desubicados. La forma teórica ideal de reintegración es la llamada anastilosis, o reubicación de un elemento desplazado de su posición.” La “anastilosis” o reconstrucción mediante ensamblaje “se aplica al proceso de reconstruir un edificio que se ha demolido como resultado de causas accidentales o por un colapso debido a negligencia y abandono”

**❖ Restitución**

Labor que tiene por objeto reemplazar piezas colapsadas o fracturadas, por otras nuevas y contemporáneas de similares características garantizando la seguridad de una estructura, sin alterar o mutilar características originales y diferenciando éstas de las originales.

2.2.19.4.2. Acciones posteriores a la restauración**❖ Mantenimiento**

Se refiere a la intervención que tiene por objeto evitar deterioros sosteniendo condiciones de habitabilidad sin alteraciones. Toda obra supone a la terminación de su restauración un mantenimiento permanente y sostenido.

❖ Conservación

Este proceso es el de prevenir las alteraciones y detener los deterioros en su inicio, Para un monumento restaurado, la conservación es una intervención periódica programada convenientemente de acuerdo con la naturaleza de los materiales sujetos al uso normal.

2.2.19.4.3. Técnicas de reparación en estructuras hechas a base de tierra

Establecida una aproximación histórica y física al patrimonio construido con tierra y conocidos sus materiales y su posible patología, llega el momento de hablar de su conservación y reparación. Para ello mejor será establecer las pautas de conservación y las técnicas de reparación según la función del elemento constructivo y sus procesos patológicos. (MONJO, 1998).

❖ Recalces

Las lesiones mecánicas consecuencia de asientos exigirán recalces y refuerzos de cimentación permanentes que pueden llevarse a cabo con los sistemas tradicionales o técnicas más modernas.

❖ Contención de cargas

Tanto en deformaciones como en roturas la anulación de la acción horizontal que las provoca puede alcanzarse: se puede crear una estructura paralela al propio muro que contenga dicha acción, bien ejecutando un



refuerzo del muro que le dé mayor resistencia ante la acción y le permita su contención.

❖ **Nueva estructura**

Será tal que, o bien quede totalmente oculta o bien resulte claramente aparente expresado su misión y con posibilidad de eliminación. Si se trata de un muro que recibe cargas verticales con suficiente excentricidad como para provocar el desplome de su coronación, o empujes directos de estructura horizontal, podremos contener la componente horizontal que lo provoca mediante la ejecución de una nueva estructura que absorba las cargas verticales, descargado por tanto el muro existente y eliminando así el proceso. Esta nueva estructura podrá localizarse de distintas formas a saber.

❖ **Atirantado**

Mediante elementos metálicos colocados horizontalmente y en perpendicular al muro deformado, normalmente a la altura de su coronación. Estas varillas metálicas suelen quedar embutidas en la estructura horizontal y asoman su extremo al exterior donde sujeta con piezas especiales que permiten transmitir los esfuerzos. es una solución tradicional que suele dejar aparente el extremo del propio anclaje para su mantenimiento y que aporta el peligro de corrosión de las piezas metálicas, por lo que se debe cuidar su protección antioxidante o bien utilizar materiales inoxidables, tanto metálicos como sintéticos.

❖ **El zunchado**

Consiste en la colocación o ejecución de un refuerzo lineal horizontal en el borde superior del muro o en una línea intermedia, en dirección de la fuerzas a absorber. El zuncho puede realizarse con hormigón armado, acero o madera. Cualquiera de ellos se puede ocultar en el espesor del muro, lo que obliga a un cajeado con posibilidad de dejarlo visto o de recubrirlo.

Si el muro es muy largo, el zunchado puede ser doble y estar atado entre sí con elementos verticales entre las dos líneas superior e intermedia. (MONJO, 1998).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación de la presente tesis es cuantitativa; entre sus objetivos tiene el de conocer el nivel de seguridad estructural del Templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, describir las características físicas y mecánicas, así como sus esfuerzos y desplazamientos que presenta su estructura.

3.1.2. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

La presente tesis será de nivel descriptivo, busca especificar propiedades, características y rasgos importantes del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares con un enfoque cuantitativo ya que se recolectarán datos sobre diferentes características de su estructura y se realizará un análisis y medición de la misma.

3.1.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método de investigación utilizado es el hipotético – deductivo. Se planteó una hipótesis como consecuencia de datos empíricos sobre el comportamiento de la estructura del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares en diferentes escenarios, infiriendo distintas conclusiones las cuales se pudieron comprobar experimentalmente con los ensayos a compresión de las unidades de adobe y el modelamiento del templo en el software.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

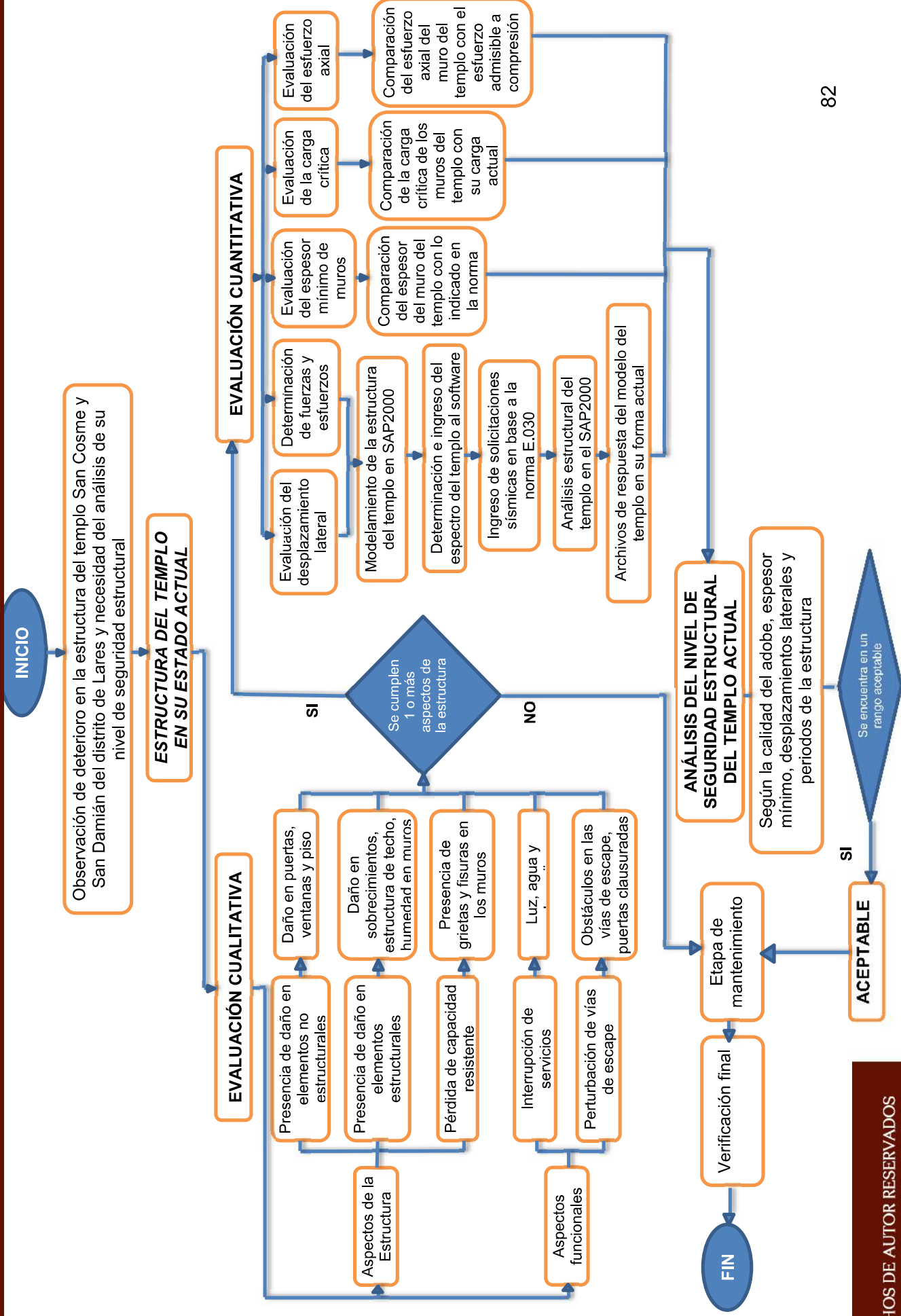
3.2.1. DISEÑO METODOLÓGICO

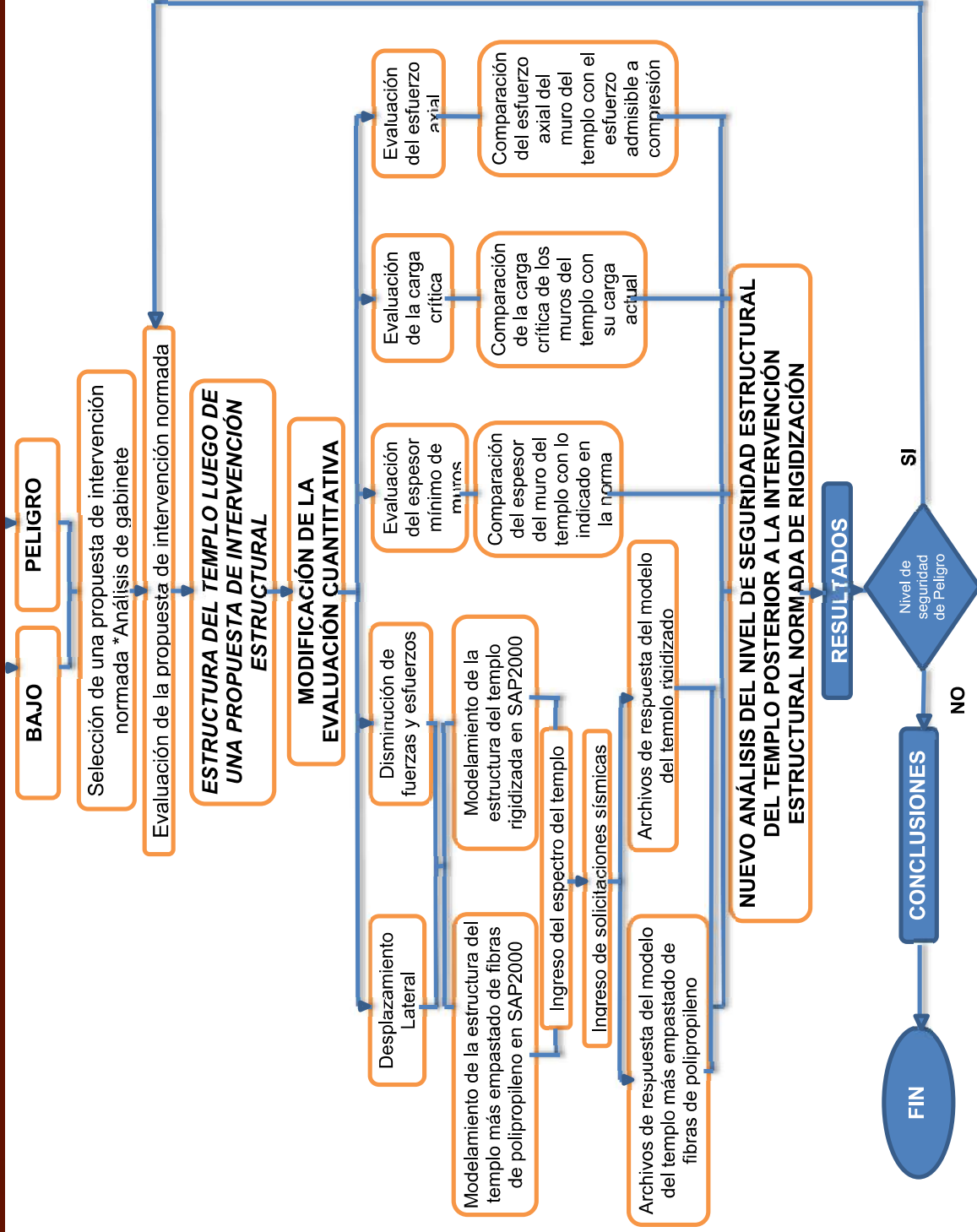
En el presente trabajo de investigación se hará uso del diseño no experimental transversal, ya que solo se observará las características



físicas ya existentes del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares y se medirá las diferentes propiedades de los componentes estructurales que lo conforman. Transversal porque esta medición se realizará solo una vez a lo largo del tiempo; con el propósito de analizar su incidencia en el estado actual de su estructura.

3.2.2. DISEÑO DE INGENIERÍA







3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

3.3.1.1. Descripción de la población

La población de este estudio está conformado por el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, y por las unidades de adobe colonial que conforman sus muros.

3.3.1.2. Cuantificación de la población

El universo con el que se cuenta en esta investigación es de 01 iglesia colonial de adobe perteneciente al distrito de Lares, y las unidades de adobe de sus muros.

3.3.2. MUESTRA

3.3.2.1. Descripción de la muestra

Se trabajó con diferentes tipos de muestras, la primera consta de la totalidad de la estructura del templo, y la torre del campanario como una unidad formada por muros de adobe y sobrecimientos de piedra. La segunda muestra utilizada en la investigación fueron las unidades de adobe colonial del templo y finalmente unidades de adobe común.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

Se cuenta con un templo colonial para su estudio y análisis de su estructura. En el caso de la muestra de unidades de adobe colonial, se trabajó con las muestras que se pudieron recolectar durante los trabajos del Ministerio de Cultura en el lugar. Para los adobes convencionales, fueron adquiridos 12 adobes de la zona de San Sebastián, los cuales serán ensayados para verificar su resistencia a compresión.

3.3.2.3. Método de muestreo

En este trabajo se utilizó el método de muestreo no probabilístico del tipo por conveniencia para la elección del templo a analizar y también para la elección de las unidades de adobe, todo esto con el fin de lograr los propósitos de la investigación.



3.3.2.4. Criterios de evaluación de muestra

Para conocer las características mecánicas de las unidades de adobe colonial y convencional se realizaron diversos ensayos (compresión, granulometría, límites de plasticidad) para conocer las propiedades de los materiales que conformaban cada adobe. Estos ensayos fueron realizados de acuerdo al Manual de Laboratorio de Suelos de ingeniería civil. En el caso del ensayo utilizado para hallar la resistencia a compresión, se utilizó la norma técnica peruana N.T.P 331.202 Elementos de suelo sin cocer, adobe estabilizado con asfalto para muros, métodos de ensayo; se tallaron cubos en los adobes para ensayarlos a compresión; luego se utilizó el material resultante para los otros ensayos. Para el ensayo de pilas de adobe se utilizó la norma técnica peruana N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería para ensayarlos a compresión.

Para identificar las diferentes patologías presentes en el templo San Cosme y San Damián se optó por analizarlo en distintas zonas: Muro de Pies, Muro de la Epístola, Muro del Evangelio, Muro Testero, Muros de la Sacristía, Techo, y la Torre del campanario, para conocer sus características físicas de forma independiente.

3.3.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN

La selección del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, para su análisis en esta investigación, se realizó por tener acceso a los datos y planos necesarios para ser posible su estudio y cumplir los objetivos planteados.

Las unidades de adobe colonial fueron recolectadas en la medida que se encontraron muestras en la etapa de intervención por parte del Ministerio de Cultura. En cambio, las unidades de adobe convencional fueron adquiridas de la zona de San Sebastián con el fin de realizar una comparación de calidad entre ambas.



3.4. INSTRUMENTOS

3.4.1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

❖ **Fichas de identificación de patologías.**

Estas fichas servirán para registrar las patologías que posee el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares a causa de los distintos factores climatológicos y físicos a lo largo del tiempo.

Tabla 20 Guía de observación de patologías del Templo



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Templo: San Cosme y San Damián de Lares Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco Nombre: Alexandra Mónica González Vargas		
<u>FORMATO N° 01</u>		
DESCRIPCIÓN DE PATOLOGÍAS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES		
Zona del Templo	Patologías	
	Sobrecimientos	
	Muros	
	Acabados	
	Techo	
	Sobrecimientos	
	Muros	
	Acabados	
	Techo	

Fuente: Propia

❖ **Fichas de laboratorio**

Estas fichas servirán para la recolección de datos de los ensayos realizados a las muestras de adobe obtenidas, con el fin de poder caracterizar los materiales utilizados en la fabricación de los componentes de sus muros.

Tabla 21 Ficha de ensayo de compresión de unidades de adobe

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Templo: San Cosme y San Damián de Lares		
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco		
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas		
<u>FORMATO N° 02</u>		
Muestra:		
Fuente del material:		
Fecha:		
Lugar:		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE		
Adobe Colonial		
	<u>MUESTRA N°</u>	
	<u>HORA DE ENSAYO</u>	
Datos		
Dimensiones:		
Área :		
Carga de ensayo:		
Resistencia a la compresión:		
Observaciones :		
Muestra antes del ensayo	Muestra después del ensayo	

Fuente: Propia



Tabla 22 Ficha de determinación de contenido de humedad del material obtenido del unidades de adobe



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Templo: San Cosme y San Damián de Lares
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas

FORMATO N° 03

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE UNIDADES DE ADOBE			
Adobe Colonial			
Muestra	P. inicial gr	P. final gr	%
MUESTRA 1			
MUESTRA 2			
MUESTRA 3			
MUESTRA 4			
MUESTRA 5			

Fuente: Propia

Tabla 23 Ficha de granulometría del material conformante del unidades de adobe



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Templo: San Cosme y San Damián de Lares

Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco

Nombre: Alexandra Mónica González Vargas

FORMATO N° 04

GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE				
Agregados finos				
Tamiz	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
N° 4				
N° 8				
N° 16				
N° 30				
N° 50				
N° 100				
N° 200				
FONDO				
TOTAL				
Agregados gruesos				
Tamiz	Peso retenido (gr)	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"				
1 1/2"				
1"				
3/4"				
1/2"				
3/8"				
FONDO				
TOTAL				

Fuente: Propia

Tabla 24 Ficha de determinación del límite plástico y líquido del material conformante de las unidades de adobe



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Templo: San Cosme y San Damián de Lares
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas

FORMATO N° 05

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE

Adobe Colonial				
Tara (T)	Peso Total Húmedo + (T)	Peso Total seco + (T)	Peso Agua	Tara (gr)

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE

Adobe colonial					
Tara (T)	N° de golpes	Peso Total Húmedo + (T) (gr)	Peso Total seco + (T) (gr)	Peso Agua (gr)	Tara (gr)

Fuente: Propia

❖ **Ficha de cálculo de la resistencia a la compresión de unidades de adobe**

Tabla 25 Ficha de cálculo de la resistencia a la compresión de unidades de adobe


	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
Templo: San Cosme y San Damián de Lares					
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco					
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas					
<u>FORMATO N° 06</u>					
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE					
ENSAYO DE COMPRESIÓN					
Adobe colonial					
ADOBE	DIMENSIONES (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Kg/cm ²	OBSERVACIONES

Fuente: Propia

❖ Ficha de descripción del daño presente en los muros

Con estas fichas se podrá registrar los daños presentes en los muros de adobe del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, describirlos con ayuda de fotografías de las zonas afectadas y determinar un nivel de daño.

Tabla 26 Ficha de descripción del daño presente en los muros del templo

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
Templo: San Cosme y San Damián de Lares		
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco		
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas		
<u>FORMATO N° 07</u>		
DESCRIPCIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN LOS MUROS DEL TEMPLO		
Muro Testero		
Daño	Descripción	
Muro de Pies		
Daño	Descripción	

Fuente: Propia

❖ Tabla de cálculo de espesor mínimo de los muros del templo

Esta tabla servirá para verificar los espesores de los muro del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, y ver si cumplen con el espesor mínimo descrito en la norma E.070. Albañilería.

Tabla 27 Ficha cálculo de espesor mínimo de los muros del templo



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Templo: San Cosme y San Damián de Lares

Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco

Nombre: Alexandra Mónica González Vargas

FORMATO N° 08

ESTRUCTURACIÓN DEL TEMPLO				
Cálculo del espesor mínimo de los muros del templo				
Muro	Altura (cm)	Espesor mínimo (cm)	Espesor del muro (cm)	Cumple

Fuente: Propia

❖ Tabla de cálculo de esbeltez de los muros del templo

Con ayuda de esta tabla se hallará la esbeltez de los muros que conforman el templo San Cosme y San Damián de Lares, utilizando la altura y el espesor de cada uno.

Tabla 28 Ficha cálculo de la esbeltez de los muros del templo



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Templo: San Cosme y San Damián de Lares

Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco

Nombre: Alexandra Mónica González Vargas

FORMATO N° 9



ESTRUCTURACIÓN DEL TEMPLO			
Cálculo de la esbeltez de los muros del templo			
Muro	Altura (cm)	Espesor del muro (cm)	Esbeltez

Fuente: Propia

❖ **Tabla de metrado de cargas**

Estas fichas tendrán como fin ayudar al cálculo del peso total de todos los elementos de conforman el templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares y tener una idea más realista de la cantidad de elementos con la cual se tendrá que trabajar.

Tabla 30 Tabla de metrado de cargas del Templo San Cosme y San Damián de Lares



	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
Templo: San Cosme y San Damián de Lares					
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco					
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas					
<u>FORMATO N° 11</u>					
METRADO DE CARGAS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES					
<i>Cargas Nave - primer piso</i>					
<i>Carga directa</i>					<i>Pi (tn)</i>
<i>N°</i>	<i>Longitudes de influencia (m)</i>			<i>P directa (tn)</i>	
	<i>Muro</i>	<i>ventanas</i>	<i>Puerta</i>		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
					total

Fuente: Propia

❖ Tablas del análisis estructural

Con estas tablas se sistematizará los resultados obtenidos del análisis estructural del templo San Cosme y San Damián de Lares, de acuerdo a los tres escenarios presentados en la tesis: estructura actual, estructura más empaste estructural y estructura rigidizada. Se presentan tablas de desplazamientos de la estructura, reacciones en los apoyos y esfuerzos en los muros de adobe, en el sobrecimiento de piedra y en el encuentro de estos dos.

Tabla 31 Tabla de desplazamientos de la estructura con carga tipo SISMO

	UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
Templo: San Cosme y San Damián de Lares			
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco			
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas			
<u>FORMATO N° 12</u>			
ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES			
Desplazamientos (cm)			
Tipo de carga SISMO			
Zona del templo	Estructura actual	Estructura con empaste	Estructura rigidizada
	Desplazamiento cm	Desplazamiento cm	Desplazamiento cm
	X	X	X

Fuente: Propia



Tabla 32 Tabla de reacciones en los apoyos, con carga tipo SISMO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Templo: San Cosme y San Damián de Lares
Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco
Nombre: Alexandra Mónica González Vargas

FORMATO N° 13

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES			
Reacciones en los apoyos (Kg)			
Tipo de carga SISMO			
Zona del templo	Estructura actual kg	Estructura con empaste kg	Estructura rigidizada kg
	X	X	X

Fuente: Propia

Tabla 33 Tabla de esfuerzos en los muros, con carga tipo SISMO



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Templo: San Cosme y San Damián de Lares

Ubicación: Distrito de Lares, Provincia de Calca, Cusco

Nombre: Alexandra Mónica González Vargas

FORMATO N° 14

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES			
Esfuerzos en el muro (Kg /cm²)			
Tipo de carga SISMO			
S11			
Zona del templo	Estructura actual	Estructura con empaste	Estructura rigidizada

Fuente: Propia



3.4.2. INSTRUMENTOS DE INGENIERÍA

3.4.2.1. Reglamentos y normas

- ❖ Reglamento Nacional de Edificaciones:
 - Norma Técnica E.080 Adobe
 - Norma Técnica E.030 Diseño Sismo Resistente
 - Norma Técnica E.070 Albañilería
 - Norma Técnica E.020 Cargas.
- ❖ Norma Técnica Peruana N.T.P 331.212. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo.
- ❖ Norma Técnica Peruana Y la N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

3.5. PROCEDIMIENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSE Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUALITATIVO

ANÁLISIS CUALITATIVO

3.5.1.1. IDENTIFICACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES

3.5.1.1.1. Equipos

3.5.1.1.2. Procedimiento

Entendiendo que una patología estructural es una falla o comportamiento irregular de una edificación generada por diversos factores, haciendo que no se pueda garantizar la seguridad en la edificación, se observaron y describieron las diferentes patologías del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares, describiendo sus sobrecimientos, muros, acabados, y techos en las zonas identificadas: Muros de pies, Sacristía, Muro de la Epístola, Muro del Evangelio, Muro testero, y la Torre.

Siguiendo los conceptos claves para manejar un patología, primero se tendrá que identificar cual es el comportamiento defectuoso, realizar una

investigación con las posibles causas de ese comportamiento irregular y finalmente plantear acciones inmediata.

Se utilizaron tablas para registrar las patologías características de cada zona del templo, pudiendo identificar las más comunes y nocivas para la estructura.


3.5.1.1.3. Toma de datos

Tabla 34 Patologías Muro de pies

Zona del templo	Patologías
Muro de Pies	
	Sobrecimientos
	Erosión y degradación de mortero por la presencia de abundante humedad.
	Muros
	Grietas y fisuras.
	Acabados
	Degradación del embarre y de los acabados.
Techo	
Corrosión de las calaminas de recubrimiento.	




Fuente: Propia

Tabla 35 Patologías Sacristía

Zona del templo	Zona del templo
Sacristía	
	Sobrecimientos
	Erosión y degradación del mortero por la presencia de abundante humedad.
	Muros
	Grietas y fisuras, restitución de cabecera de muro.
	Acabados
	Degradación del embarre.
Techo	
Enmohecimiento de las tejas del techo.	





Fuente: Propia

Tabla 36 Patologías Muro del Evangelio

Zona del templo	Patologías
<p data-bbox="391 300 647 331">Muro del Evangelio</p>   	<p data-bbox="748 273 956 300">Sobrecimientos</p> <p data-bbox="748 308 1352 411">Erosión y degradación del mortero por la presencia de humedad constante. Acumulación de desmonte, falta de mantenimiento.</p> <hr/> <p data-bbox="748 541 833 569">Muros</p> <p data-bbox="748 577 1352 716">Grietas y fisuras, distintas etapas de construcción deficiente, acumulación de desmonte, crecimiento de maleza y filtración de humedad al interior del templo.</p> <hr/> <p data-bbox="748 846 953 873">Revestimientos</p> <p data-bbox="748 882 1352 984">No queda vestigios de algún tipo de embarre o acabado, por lo que el muro se encuentra en mal estado</p> <hr/> <p data-bbox="748 1003 930 1031">Contrafuertes</p> <p data-bbox="748 1062 1352 1165">Fueron retirados para construir las instalaciones del albergue, debilitando toda la estructura del templo.</p> <hr/> <p data-bbox="748 1203 829 1230">Techo</p> <p data-bbox="748 1272 1300 1299">Corrosión de las calaminas de recubrimiento.</p>




Fuente: Propia

Tabla 37 Patologías Muro de la epístola

Zona del templo	Patologías
<p data-bbox="397 268 651 296">Muro de la Epístola</p>    	<p data-bbox="755 279 959 306">Sobrecimientos</p> <p data-bbox="755 321 1351 495">Erosión y degradación del mortero por la presencia de constante humedad. Construcciones ajenas adosadas al templo. Chorreras de los techos, sobrecimientos soterrados provocando eflorescencias al interior.</p> <hr/> <p data-bbox="755 604 837 632">Muros</p> <p data-bbox="755 646 1351 852">Grietas y fisuras, distintas etapas de construcción deficiente, chorreras de los techos, crecimiento de maleza y filtración de humedad al interior del templo. Construcciones ajenas al templo (lavaderos de concreto), perforaciones para instalar tuberías de agua.</p> <hr/> <p data-bbox="755 951 959 978">Revestimientos</p> <p data-bbox="755 1035 1328 1125">No queda vestigios de algún tipo de embarre o acabado, por lo que el muro se encuentra en mal estado</p> <hr/> <p data-bbox="755 1182 935 1209">Contrafuertes</p> <p data-bbox="755 1224 1318 1287">Fueron retirados debilitando toda la estructura del templo.</p> <hr/> <p data-bbox="755 1413 837 1440">Techo</p> <p data-bbox="755 1455 1308 1482">Corrosión de las calaminas de recubrimiento.</p>

Fuente: Propia

Tabla 38 Patologías Torre del campanario

Zona del templo	Patologías
<p data-bbox="321 268 602 296">Torre del Campanario</p>   	<p data-bbox="695 275 1062 302">Cimientos y sobrecimientos</p> <p data-bbox="695 369 1334 470">Erosión y degradación del mortero por la presencia de abundante lluvia que ha ido lavando el mortero. El paso del tiempo y falta de mantenimiento.</p> <p data-bbox="695 537 781 564">Muros</p> <p data-bbox="695 617 1334 789">Grietas y fisuras por la construcción deficiente y las grandes cargas que reciben. Fallas estructurales por falta de trabas en sus muros. Aguas pluviales provenientes del techo degradando el mortero y las unidades de adobe.</p> <p data-bbox="695 842 899 869">Revestimientos</p> <p data-bbox="695 921 1295 1022">No queda vestigios de algún tipo de embarre o acabado, por lo que el muro se encuentra en mal estado.</p> <p data-bbox="695 1037 769 1064">Pisos</p> <p data-bbox="695 1104 1149 1131">Humedad permanente por absorción.</p> <p data-bbox="695 1171 776 1199">Techo</p> <p data-bbox="695 1239 1192 1299">Pandeo y filtraciones de aguas pluviales. Enmohecimiento de las tejas del techo</p>

Fuente: Propia

Tabla 39 Patologías Muro Testero

Zona del templo	Patologías
<p>Muro Testero</p> 	<p>Sobrecimientos</p> <p>Se encuentran enterrados debajo de un talud de tierra producto de la falta de mantenimiento y paso del tiempo.</p>
	<p>Muros</p> <p>Grietas y fisuras, distintas etapas de construcción deficiente, acumulación de desmonte, crecimiento de maleza y filtración de humedad al interior del templo.</p>
	<p>Revestimientos</p> <p>No queda vestigios de algún tipo de embarre o acabado, por lo que el muro se encuentra en mal estado.</p>
	<p>Contrafuertes</p> <p>Aumento de su altura en diferentes tiempos, sin revestimiento alguno.</p>
	<p>Techo</p> <p>Corrosión de las calaminas de recubrimiento.</p>

Fuente: Propia

3.5.2. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUANTITATIVO

ANÁLISIS CUANTITATIVO

3.5.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE – N.T.P 331.202. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER

3.5.2.1.1. Equipos

Una máquina de compresión con una precisión de 10N en la lectura de las cargas.

3.5.2.1.2. Procedimiento

❖ Ensayo de compresión con cubos de adobe

Para este ensayo se hizo uso de la Norma Técnica Peruana N.T.P 331.202 Elementos de suelo sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo.

Los especímenes son cubos de arista igual a la menor dimensión del adobe, tallados en los adobes destinados a la prueba, se deben preparar por lo menos 24 horas antes del ensayo, alisando y haciendo perpendiculares a su eje vertical las caras de carga, mediante la aplicación de una capa de mortero plástico.

Se permite cualquier otro tipo de material sobre las caras de carga de los especímenes de adobe, siempre que se garantice una distribución uniforme de la carga.

Figura 33 Unidades de adobe y cubos tallados para ensayos de compresión



El caping estuvo compuesto de cemento y yeso en partes iguales, de espesor mínimo necesario.

Fuente: Propia

Se llevó los especímenes de adobe al laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andina del Cusco donde se procedió a medirlos y realizar el ensayo de compresión.

Figura 34 Se pesó los cubos de adobe en el laboratorio.



Fuente: Propia

Para realizar el ensayo, se programó la máquina de compresión para que esta ensaye especímenes de forma cúbica. Se procedió a colocar los especímenes de adobe en la máquina de compresión centrándolos, se realizó el ensayo con una velocidad constante de compresión de 680 Kgf/s, y se registró las lecturas de las cargas que soportó cada uno.

Figura 35 Programación de la máquina de compresión para iniciar el ensayo.



Fuente: Propia

En esta investigación se vio por conveniente ensayar a compresión cubos de adobes actuales, así como cubos de adobe colonial para así poder comparar la calidad de cada uno y tener una idea de la influencia que el tiempo tuvo en la disminución de la resistencia a compresión del adobe colonial desde su fabricación hasta el presente.

Figura 36 Espécimen de adobe colonial en la máquina de compresión.



Se colocó un molde de Próctor, para subir el cubo de adobe. También se utilizó planchas de jebes para distribuir mejor la carga.

Fuente: Propia

Luego de realizar el ensayo de compresión a cada uno de los especímenes de adobe actual y adobe colonial, se procedió a registrar los datos obtenidos de la máquina de compresión.

Se retiraron los especímenes ensayados de la máquina de compresión y finalmente se observaron las características de cada tipo de falla en cada cubo de adobe actual y de adobe colonial. Luego, se guardó el material obtenido del ensayo para poder realizar los demás ensayos: humedad, granulometría y límites plásticos.

Figura 37 *Especimen de adobe colonial en la máquina de compresión después del ensayo.*



Fuente: Propia

Figura 38 *Especimen de adobe convencional en la máquina de compresión después de ser ensayado*



Fuente: Propia

Figura 39 Cubos de adobe luego del ensayo de compresión



Fuente: Propia

3.5.2.1.3. Toma de datos

❖ Ensayo de compresión con cubos de adobe colonial

Tabla 40 Resistencia a la compresión de unidades de adobe colonial

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE					
ENSAYO DE COMPRESIÓN					
Adobe colonial					
ADOBE	DIMENSIONES (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA DE ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Kg/cm²	OBSERVACIONES
6	10.3 X 10 X 10.5	103.00	807.00	7.83	Se observaron las primeras fisuras a los 7 segundos de empezado el ensayo con una carga de 350 kg
2	10.2 X 10 X 11	102.00	793.00	7.77	Se observaron las primeras fisuras a los 10 segundos de empezado el ensayo con una carga de 497 kg
3	10.1 X 10.3 X 10	104.03	810.00	7.79	Se observaron las primeras fisuras a los 12 segundos de empezado el ensayo con una carga de 482 kg

Fuente: Propia



Tabla 41 Resistencia a la compresión de unidades de adobe convencional

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE					
Adobe convencional					
ADOBE	DIMENSIONES (cm)	ÁREA (cm²)	CARGA DE ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Kg/cm²	OBSERVACIONES
01-A	13 X 14.5 X 15	188.50	1,580.00	8.38	Se observaron las primeras fisuras a los 7 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1210 kg
01-B	12.5 X 14.5 X 15	181.25	1,580.00	8.72	Se observaron las primeras fisuras a los 7 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1210 kg
02-A	13.2 X 14 X 15	184.80	1,570.00	8.50	Se observaron las primeras fisuras a los 12 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1410 kg
02-B	14.7 X 14 X 13.7	205.80	2,040.00	9.91	Se observaron las primeras fisuras a los 8 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1770 kg
03-A	14.7 X 14.8 X 13.5	217.56	1,870.00	8.60	Se observaron las primeras fisuras a los 7 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1320 kg
03-B	14.3X 14.5 X 13.5	207.35	1,790.00	8.63	Se observaron las primeras fisuras a los 7 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1320 kg
04-A	14.5X 14.5 X 14.5	210.25	2,030.00	9.66	Se observaron las primeras fisuras a los 14 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1410 kg
04-B	13 X 14 X 14.7	182.00	1,470.00	8.08	Se observaron las primeras fisuras a los 7.40 segundos de empezado el ensayo con una carga de 1410 kg

Fuente: Propia



3.5.2.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE – N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.

3.5.2.2.1. Equipos

Una máquina de compresión con una precisión más o menos del 1% sobre el rango de carga anticipado.

3.5.2.2.2. Procedimiento

❖ Ensayo de compresión de pilas de adobe

Para este ensayo se hizo uso de la Norma Técnica Peruana N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

Se construirán los prismas con unidades representativas de aquellas usadas en la edificación. Se construirán los prismas con las unidades asentadas en forma de pila (una sobre otra). Los prismas deberán construirse reflejando las condiciones del material y mano de obra que se tendrán en la construcción. Se fabricaran los prismas de albañilería con capas completas de mortero, colocando mortero en todo el perímetro. Los prismas deberán contar con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto-espesor, h_p/t_p , entre 1.3 y 5.0.

Refrentado de los prismas: se colocara el refrentado superior e inferior del prisma antes del ensayo, el cual consiste en una mezcla de cemento y eso en proporciones iguales. Para cumplir con las condiciones de alineamiento del prisma se usará un nivel de burbuja u otro método equivalente durante el proceso de refrentado. El espesor promedio de la capa de refrentado no excederá de 3mm.

Figura 40 Pilas de adobe listos para el ensayo de compresión



Fuente: Propia

Se llevó los especímenes de adobe al laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andina del Cusco, donde se procedió a medirlos. Se midió con aproximación de 1 mm, la longitud y el ancho en ambos bordes de las caras superior e inferior de los prismas y la altura en el centro de cada cara. Se determinó la longitud, el ancho y la altura del prisma promediando las cuatro medidas de cada dimensión.

Figura 41 Medición de las pilas de adobe



Fuente: Propia

Para realizar el ensayo se programó la máquina de compresión para que esta ensaye especímenes con una velocidad de compresión de 680 Kgf/s. Se procedió a colocar las pilas de adobe en la máquina de compresión centrándolos, se realizó el ensayo y se registró las lecturas de las cargas que soportó cada uno.

Figura 42 Pila de adobe colonial en la máquina de compresión.



Fuente: Propia

Se ensayó pilas de adobe colonial y adobe actual, para poder comparar la calidad de cada uno y verificarlos con lo dicho en la norma E. 080. Adobe.

Figura 43 Pila de adobe actual en la máquina de compresión.

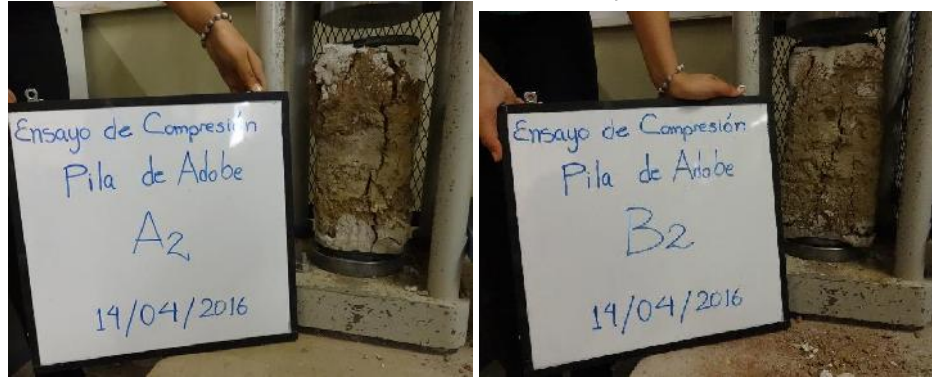


Fuente: Propia

Luego de realizar el ensayo de compresión a cada uno de las pilas de adobe actual y adobe colonial, se procedió a registrar los datos obtenidos de la máquina de compresión.

Se retiraron los especímenes ensayados de la máquina de compresión y finalmente se observaron las características de cada tipo de falla en cada pila de adobe actual y de adobe colonial.

Figura 44 Pilas de adobe después del ensayo de compresión.



Fuente: Propia

3.5.2.2.3. Toma de datos

❖ Ensayo de compresión con prismas de adobe

Tabla 42 Medidas de los prismas de adobe

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE						
Dimensiones de los prismas de adobe colonial						
Prisma	longitudes (cm)		longitud promedio (cm)	espesores (cm)		espesor promedio (cm)
A1	14.5	15	14.75	14.5	14.9	14.7
A2	14.9	15.5	15.2	15.2	15	15.1
Dimensiones de los prismas de adobe actual						
Prisma	longitudes (cm)		longitud promedio (cm)	espesores (cm)		espesor promedio (cm)
B1	14.4	14.2	15	16.2	14.6	15.4
B2	14.4	15.6	15	13.9	14	13.95
B3	14.2	14.2	14.2	14.7	15.7	15.2

Fuente: Propia

Tabla 43 Ensayo de compresión de los prismas de adobe

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE		
Prismas adobe colonial		
Prisma	Carga de ensayo (Kg)	Área (cm ²)
A1	950	216.83
A2	960	229.52
Prismas adobe actual		
Prisma	Carga de ensayo (Kg)	Área (cm ²)
B1	990	231.00
B2	1170	209.25
B3	1320	215.84

Fuente: Propia

3.5.2.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – N.T.P 331.202 ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER.

3.5.2.3.1. Equipos

- ❖ Un horno de desecación de temperatura regulable.
- ❖ Una balanza con capacidad de 1000 gr. y una precisión en la lectura de 0.5 gr.

3.5.2.3.2. Procedimiento

Para este ensayo se hizo uso de la Norma Técnica Peruana N.T.P 331.202. Elementos de suelo sin cocer. Adobe estabilizado con asfalto para muros. Métodos de ensayo. Los especímenes para este ensayo, están constituidos por lo menos de dos porciones tomadas de los adobes ensayados.

Figura 45 Material resultante del ensayo de compresión



Fuente: Propia

Se pesa cada una de las porciones con aproximación de 0.5 gr.

Figura 46 Se pesa la muestra para determinar su humedad.



Se tomó muestras de la parte interna y superficial de los especímenes ensayados.

Las muestras restantes se secan en el horno a 60°C durante 48 horas.

Figura 47 Las muestras son colocadas al horno.



Fuente: Propia

Finalmente se pesa cada porción seca con aproximación de 0.5 gr.

Figura 48 Peso de la muestra sacada del horno



Fuente: Propia

3.5.2.3.3. Toma de datos

Tabla 44 Peso inicial y final de la muestra

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE

Peso inicial y final de la muestra de adobe

Muestra	P. inicial (gr)	P. final (gr)
MUESTRA 1	300.5	270
MUESTRA 2	300	267

Fuente: Propia

3.5.2.4. GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES.

3.5.2.4.1. Equipos

- ❖ Serie de tamices

Figura 49 Tamices

Fuente: Propia

- ❖ Serie de tamices (3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", No.4, No.10, No.40 y No. 200).
- ❖ Tamizador eléctrico.
- ❖ Balanza de 5 Kg. y 0.1 g. de precisión.

3.5.2.4.2. Procedimiento

- ❖ Previo ensayo de cuarteo, se debe preparar una muestra de suelo de aproximadamente 5000 gr.
- ❖ Esta muestra debe estar en condición de humedad secada al ambiente.
- ❖ Se la debe disgregar, separando las partículas finas adheridas a las gruesas.

Figura 50 Muestra de adobe para granulometría

Fuente: Propia

Se realiza el cuarteo para conseguir una muestra representativa.

Figura 51 Cuarteo del material para el ensayo



Fuente: Propia

Figura 52 Se pesa el material a tamizar



Fuente: Propia

❖ **Tamizado del agregado grueso del material conformante de las unidades de adobe**

Se coloca en forma secuencial los tamices que se utilizarán en este ensayo, de acuerdo al tamaño máximo del suelo. Esta secuencia será: 2 ½" , 2" , 1 ½" , 1" , ¾" , 3/8" , No. 4 y No. 10.

Figura 53 El material se hecha a los tamices.



Fuente: Propia

El material se echa a los tamices ordenados y se empieza con el tamizado en el tamizador eléctrico. Se pesa, por separado, las partículas retenidas en cada tamiz y se registra, teniendo peso retenido en gr.

Figura 54 Tamizado del material



Fuente: Propia

❖ **Tamizado del agregado fino del material conformante de las unidades de adobe**

- Se toma una muestra que pasa por el tamiz No. 10.
- Se saca el material retenido en el tamiz No. 200, se deposita en una cápsula, se la seca al horno a 110° C., se saca y enfría.
- Se pesa el material retenido en cada uno de los tamices por separado.

Figura 55 Diferentes granulometrías del adobe



Fuente: Propia

3.5.2.4.3. Toma de datos

- ❖ **Granulometría del material conformante de las unidades de adobe para agregados finos**

Tabla 45 Granulometría del material conformante de las unidades de adobe para agregados finos

GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL CONFORMANTE DE UNIDADES DE ADOBE	
Agregados finos	
Tamiz	Peso retenido (gr)
N° 4	66.90
N°8	140.40
N° 16	231.10
N° 30	175.00
N° 50	135.50
N° 100	132.90
N° 200	175.49
FONDO	90.80
TOTAL	1,148.09

Fuente: Propia

- ❖ **Granulometría del material conformante de las unidades de adobe para agregados gruesos**

Tabla 46 Granulometría del material conformante de las unidades de adobe para agregados gruesos

GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL CONFORMANTE DE UNIDADES DE ADOBE	
Agregados gruesos	
Tamiz	Peso retenido (gr)
2"	-
1 1/2"	-
1"	16.40
3/4"	14.60
1/2"	49.30
3/8"	51.10
FONDO	1,014.30
TOTAL	1,145.70

Fuente: Propia

3.5.2.5. LÍMITES DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES.

3.5.2.5.1. Equipos

Se utilizó un vidrio esmerilado para poder trabajar con la muestra.

3.5.2.5.2. Procedimiento

Es importante que las muestras seleccionadas para determinar los límites sean lo más homogéneas posibles. Se utilizó el material fino que se obtuvo luego de realizar la granulometría.

Figura 56 Se forma cilindros delgados con la muestra



Fuente: Propia

3.5.2.5.3. Toma de datos

Tabla 47 Limite plástico de las muestras.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE				
Adobe colonial				
Tara (T)	Peso Total Húmedo + (T) (gr)	Peso Total seco + (T) (gr)	Peso Agua (gr)	Tara (gr)
P-07	30.62	27.62	3.00	15.62
P-11	30.75	27.58	3.17	15.74
P-40	30.57	27.57	3.00	15.57

Fuente: Propia

3.5.2.6. DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES.

3.5.2.6.1. Equipos

Figura 57 Aparato de Casagrande



Fuente: Propia

- ❖ Plato de evaporación de porcelana
- ❖ Espátula de aproximadamente 75mm de largo y 20mm de ancho.
- ❖ Aparato de límite líquido, taza de bronce con una masa de 200 ± 20 (g) montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de plástico duro.
- ❖ Acanalador: combinación de acanalador y calibre
- ❖ Recipientes. para las muestras de contenido de humedad.
- ❖ Balanza. con una precisión de 0.01(g)

3.5.2.6.2. Procedimiento

Ajustar la altura de la caída de la taza, se gira la manivela hasta que la taza se eleve a su mayor altura. Utilizando el calibrador de 10 mm (adosado al ranurador), se verifica que la distancia entre el punto de percusión y la base sea de 10 mm exactamente. Si el ajuste es correcto se escuchará un ligero campanileo producido por la leva al golpear el tope de la taza; si la taza se levanta por sobre el calibre o no se escucha ningún sonido debe realizarse un nuevo ajuste.

Figura 58 Procedimiento del ensayo de Límite líquido



Fuente: Propia

Figura 59 Finalizada el ensayo, las muestras se llevan al horno.



Fuente: Propia

3.5.2.6.3. Toma de datos

Tabla 48 Límite líquido de las muestras.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE					
Adobe colonial					
Tara (T)	N° de golpes	Peso Total Húmedo + (T) (gr)	Peso Total seco + (T) (gr)	Peso Agua (gr)	Tara (gr)
C-26	26	42.76	34.86	7.9	15.65
P-16	19	47.46	38.16	9.3	15.46
P-15	23	47.45	38.41	9.04	15.56
P-08	32	47.37	38.66	8.71	15.6

Fuente: Propia

3.5.3. ESTRUCTURA DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES POSTERIOR A UNA INTERVENCIÓN ESTRUCTURAL DE RESTAURACIÓN NORMADA - ANÁLISIS CUANTITATIVO

ANÁLISIS CUANTITATIVO

3.5.3.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE – N.T.P 331.202. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER.

3.5.3.1.1. Equipos

Una máquina de compresión con una precisión de 10N (10kg) en la lectura de las cargas.

3.5.3.1.2. Procedimiento

❖ Ensayo de compresión con cubos de adobe con empastado con fibras de polipropileno

Se prepararon los especímenes cúbicos de arista igual a la menor dimensión del adobe utilizado en el ensayo, tallados con ayuda de una amoladora, alisando y haciendo perpendiculares las caras de carga a su eje vertical. Se deben preparar por lo menos 24 horas antes del ensayo, aplicando también una capa de mortero plástico, compuesto por cemento portland y yeso en partes iguales.

A los cubos de adobe, se les colocó a dos de sus caras un empastado preparado con fibras de polipropileno a manera de refuerzo, simulando el embarre que se da en los muros de adobe como acabado. La proporción utilizada en la fabricación del mortero del empastado es la siguiente:

Tabla 49 Proporciones de componentes del mortero de empaste

Arcilla	½ carretilla
Arena Fina	½ carretilla
Tierra zarandeada	1 carretilla

Fuente: Propia

Figura 60 Preparación del mortero



Fuente: Propia

Para la preparación del empaste con fibras de polipropileno se utilizó un cubo de madera de 10 x 10 x 10 cm para tener una cantidad exacta (cantidad necesaria para cubrir dos caras de la mitad de las muestras obtenidas).

Figura 61 Medición del empaste en un cubo de madera



Fuente: Propia

Se prepararon dos tipos de empaste, cada uno con distintas proporciones de fibra de polipropileno de marca SIKA. Esta fibra es un refuerzo que evita el agrietamiento de concretos y morteros que está compuesto por una mezcla de monofilamentos reticulados y enrollados de aproximadamente 2 cm de largo; durante la mezcla con el empaste, la fibra de polipropileno se distribuye aleatoriamente dentro de la masa formando una red tridimensional muy uniforme. Todo esto se realiza con el fin de evidenciar

si la fibra de polipropileno llega a aportar una mayor resistencia a los especímenes de adobe colonial.

Figura 62 Empaste y las fibras de polipropileno



Fuente: Propia

- ❖ **Empaste con 6.25 gr de fibra de polipropileno para 0.001 m³ de mezcla de mortero**

Figura 63 Preparación de empaste con 6.25 gr. De fibra de polipropileno



Fuente: Propia

- ❖ **Empaste con 12.5 gr de fibra de polipropileno para 0.001 m³ de mezcla de mortero**

Figura 64 Preparación de empaste con 12.5 gr. De fibra de polipropileno



Fuente: Propia

Se mezcló las fibras con el empaste hasta obtener una pasta homogénea.

- ❖ **Procedimiento del empastado de fibras de polipropileno en las caras de los cubos de adobe colonial**
 - Se humedece una de las caras del cubo de adobe.

- Se lanza con fuerza el empaste para obtener una mejor adherencia entre este y la cara del cubo de adobe, y con ayuda de un badilejo se alisa la superficie dejándola con un buen acabado, se utilizó agua para darle un mejor acabado. El espesor de este empaste es de 2 cm.
- Se realiza el mismo procedimiento en la otra cara del cubo y se luego se deja secar al sol.

Figura 65 Empastado de los cubos de adobe con mortero

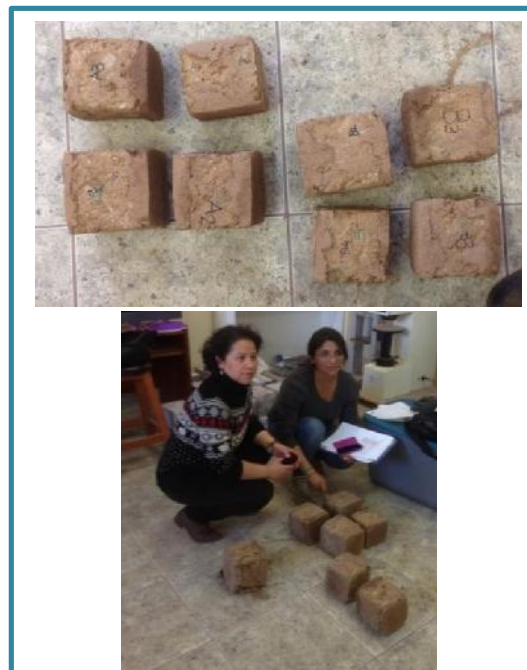


5

Fuente: Propia

Luego de su secado, se llevaron los especímenes de adobe colonial al laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la de la Universidad Andina del Cusco para su ensayo.

Figura 66 Cubos de adobe listos para ensayar.



Fuente: Propia

Para realizar el ensayo se programó la máquina de compresión para que ensaye especímenes cúbicos de 15 x 15 x 15 cm con una velocidad de 680 Kgf/s. Se procedió a colocar los especímenes en la máquina de compresión de manera centrada para realizar el ensayo y hacer la lectura de las cargas que soportará cada uno.

Se ensayó primero, a compresión, los cubos de adobe colonial con el empaste con 6. 25 gr de fibra de polipropileno (empaste A) y después los cubos de adobe colonial con 12.5 gr. de fibra de polipropileno (empaste B). Se registraron los resultados de la resistencia a compresión de los cubos de adobe y tiempos respectivos en la primera falla y en su colapso final.

❖ **Especimen con empaste A**

Figura 67 Ensayo de compresión: cubos con empaste A



Fuente: Propia

❖ **Especimen con empaste B**

Figura 68 Ensayo de compresión: cubos con empaste B



Se retiraron los especímenes ensayados de la máquina de compresión y finalmente se observaron las características de cada tipo de falla en cada cubo de adobe actual y de adobe colonial. Luego, se guardó el material obtenido del ensayo de los adobes para poder realizar los demás ensayos de humedad, granulometría y límites plásticos.

Figura 69 Ensayo de compresión y toma de datos.



Fuente: Propia

3.5.3.1.3. Toma de datos

- ❖ **Ensayo de compresión con cubos de adobe colonial con empaste estructural con fibras de polipropileno**

Tabla 50 Resistencia a la compresión de unidades de adobe con empaste de polipropileno

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE					
ENSAYO DE COMPRESIÓN					
Adobe colonial + empaste con fibras de polipropileno					
ADOBE	DIMENSIONES (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA DE ENSAYO (Kg)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Kg/cm ²	OBSERVACIONES
A-01	10.1 X 10.2 X 10.5	103.02	955.00	9.27	Se observaron las primeras fisuras con una carga de 437kg
A-02	10.3 X 10.2 X 10	105.06	987.00	9.39	Se observaron las primeras fisuras con una carga de 512kg
B-01	10.4 X 10.2 X 10.2	104.04	1,050.00	10.09	Se observaron las primeras fisuras con una carga de 510 kg
B-02	10.05 X 10.3 X 10.1	103.52	1,020.00	9.85	Se observaron las primeras fisuras con una carga de 510 kg

Fuente: Propia

3.5.3.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE – N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.

3.5.3.2.1. Equipos

Una máquina de compresión con una precisión más o menos del 1% sobre el rango de carga anticipado.

3.5.3.2.2. Procedimiento

❖ Ensayo de compresión de pilas de adobe con empastado con fibras de polipropileno

Los prismas se construirán siguiendo los mismos pasos de los anteriores ensayos, con una altura mínima de dos unidades, con una relación alto-espesor, h_p/t_p , entre 1.3 y 5.0. Se colocara el refrentado superior e inferior del prisma antes del ensayo, el cual consiste en una mezcla de cemento y eso en proporciones iguales, la capa de refrentado no excederá de 3mm.

Se preparó el empaste de fibra de polipropileno de la misma manera que para el ensayo de cubos de adobe. Se utilizó fibra de polipropileno de marca SIKA. Esta fibra es un refuerzo que evita el agrietamiento de concretos y morteros; durante la mezcla con el empaste, la fibra de

polipropileno se distribuye aleatoriamente dentro de la masa formando una red tridimensional muy uniforme.

Figura 70 Preparación del empaste



Fuente: Propia

❖ **Procedimiento para el empastado de fibras de polipropileno en las caras de los cubos de adobe colonial**

- Se humedecen las caras de la pila de adobe donde irá el empastado de fibras de polipropileno.
- Se lanza con fuerza el empaste para obtener una mejor adherencia entre este y la cara del cubo de adobe, y con ayuda de un badilejo se alisa la superficie dejándola con un buen acabado. Esta capa de empastado será de 2 cm.
- Luego de realizar el acabado se deja secar al sol.

Luego de su secado, se llevaron los especímenes de adobe colonial al laboratorio de materiales y mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Andina del Cusco para su ensayo.

Para realizar el ensayo se programó la máquina de compresión para que ensaye las pilas con una velocidad de compresión de 680 Kgf/s. Se procedió a colocar los especímenes en la máquina de compresión de manera centrada para realizar el ensayo y hacer la lectura de las cargas que soportará cada uno.

Figura 71 Pila de adobe colonial más empaste en la máquina de compresión



Fuente: Propia

Figura 72 Pila de adobe actual más empaste en la máquina de compresión



Fuente: Propia

Se registraron los resultados de la resistencia a compresión de los cubos de adobe y tiempos respectivos en la primera falla y en su colapso final. Se retiraron los especímenes ensayados de la máquina de compresión y se observaron las características de cada tipo de falla en cada pila de adobe actual y de adobe colonial.

Figura 73 Pilas de adobe después del ensayo de compresión





Fuente: Propia

3.5.3.2.3. Toma de datos

❖ Ensayo de compresión con prismas de adobe más empastado de fibras de polipropileno

Tabla 51 Medidas de los prismas de adobe más empastado de fibras de polipropileno

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE MÁS EMPASTADO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO						
Dimensiones de los prismas de adobe colonial						
Prisma	longitudes (cm)		longitud promedio (cm)	espesores (cm)		espesor promedio (cm)
1	16.4	15.5	15.95	14.3	14.6	14.45
3	15.1	13.7	15	13.8	15	14.4
Dimensiones de los prismas de adobe actual						
Prisma	longitudes (cm)		longitud promedio (cm)	espesores (cm)		espesor promedio (cm)
2	17.6	17	17.3	16.2	14.9	15.55
4	15.5	17.5	16.5	13.9	13.7	13.8
5	16	14.3	15.15	14.8	16.9	15.85

Fuente: Propia

Tabla 52 Ensayo de compresión de los prismas de adobe más empastado de fibras de polipropileno

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PILAS DE ADOBE MÁS EMPASTADO DE FIBRAS DE POLIPROPILENO		
Prismas adobe colonial		
Prisma	Carga de ensayo (Kg)	Área (cm ²)
1	1130	230.48
3	1470	216.00
Prismas adobe actual		
Prisma	Carga de ensayo (Kg)	Área (cm ²)
2	1310	269.02
4	1280	227.70
5	1190	240.13

Fuente: Propia



3.6. PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

3.6.1. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUALITATIVO

ANÁLISIS CUALITATIVO

3.6.1.1. DETERMINACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES

3.6.1.1.1. Procesamiento de la determinación de las patologías del templo San Cosme y San Damián de Lares

Se puede definir una patología estructural como la presencia o evidencia de fallas o comportamiento irregular de una edificación, con las cuales, no se puede garantizar la seguridad de la misma. Estas lesiones pueden darse en elementos estructurales y no estructurales, presentado fisuras, agrietamientos, asentamientos, etc.

En el templo San Cosme y San Damián de Lares se observaron patologías en sobrecimientos, muros, techos y acabados, encontrando sus lesiones y posibles causas. Se recopilaron las patologías del templo en las siguientes de tablas, donde se identifica la zona afectada, se describe la lesión observada y se deduce sus posibles causas de deterioro.

3.6.1.1.2. Tablas de la determinación de las patologías del templo San Cosme y San Damián de Lares

Tabla 53 Patologías: muro de pies

Patologías: Muro de Pies		
Zona	Lesión	Causa
Muros	Fisuras y deterioro de la cabecera del muro. Filtración de aguas pluviales.	Mala práctica constructiva, humedad, mal manejo de aguas pluviales, falta de mantenimiento.
Acabados	Degradación del revestimiento del yeso.	
Techo	Corrosión en las calaminas de la cobertura.	

Fuente: Propia

Figura 74 Patologías: muro de Pies



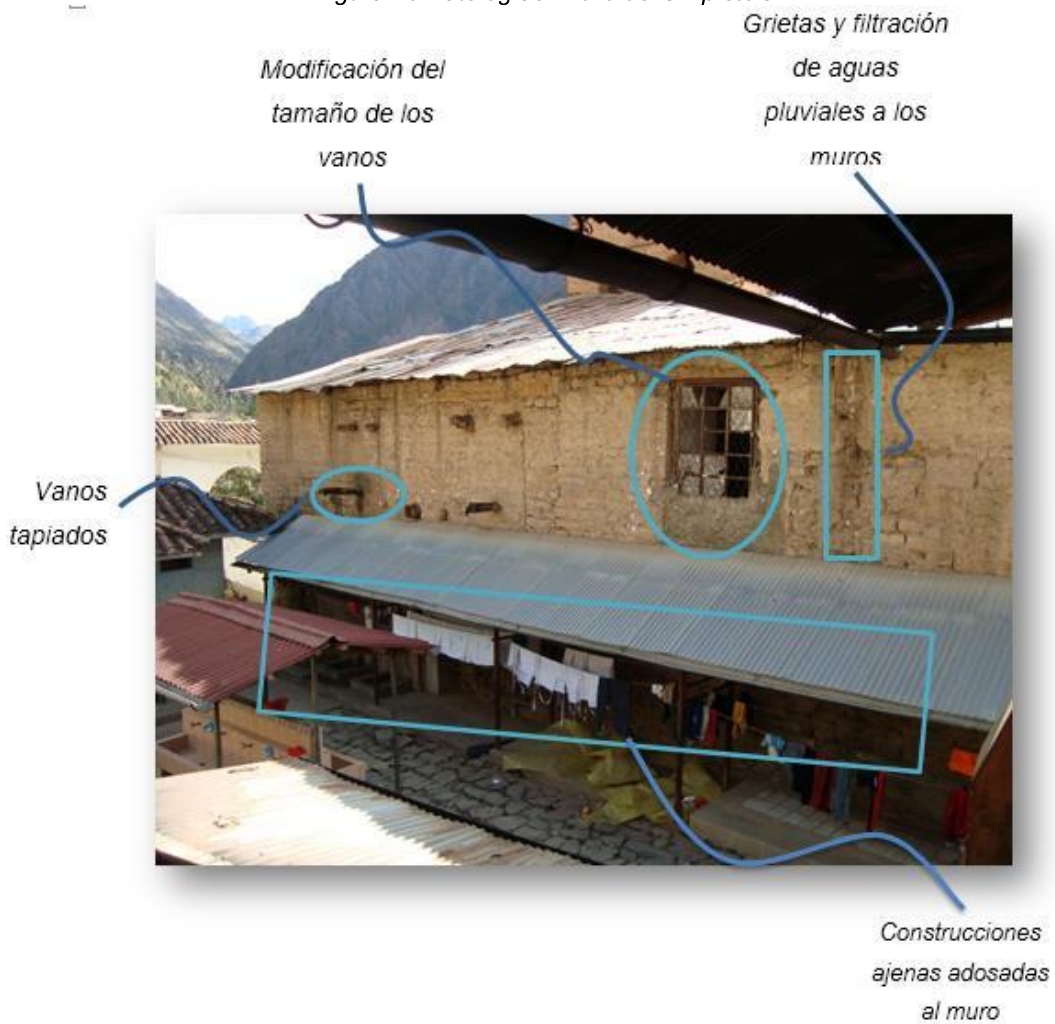
Fuente: Propia

Tabla 54 Patologías: muro de la epístola

Patologías: Muro de la Epístola		
Zona	Lesión	Causa
Sobrecimientos	Degradación del mortero del sobrecimiento. Construcciones ajenas adosadas.	Mala práctica constructiva, humedad constante, falta de mantenimiento, mal manejo de aguas pluviales.
Muros	Grietas y fisuras, construcciones ajenas adosadas a los muros y erosión de las unidades de adobe.	
Acabados	En el interior: degradación del revestimiento del yeso, exteriormente no hay presencia de acabado.	

Fuente: Propia

Figura 75 Patologías: muro de la Epístola



Fuente: Propia

Figura 76 Patologías: muro de la Epístola (interior)

Modificación del
tamaño de los
vanos



Degradación del
acabado de yeso
de los muros



Fisuras en el muro de la
epístola

Fuente: Propia

Tabla 55 Patologías: muro del evangelio

Patologías: Muro del Evangelio		
Zona	Lesión	Causa
Sobrecimientos	Erosión y degradación del mortero del sobrecimiento	Mala práctica constructiva (autoconstrucción), humedad, mal manejo de aguas pluviales, falta de mantenimiento.
Muros	Construcciones ajenas adosadas a los muros, presencia de humedad, fisuras y grietas. Vegetación creciendo en los muros.	
Acabados	En el interior: degradación del revestimiento del yeso, exteriormente no hay presencia de acabado.	

Fuente: Propia

Figura 77 Patologías: muro del Evangelio (interior)

Modificación del tamaño de los vanos

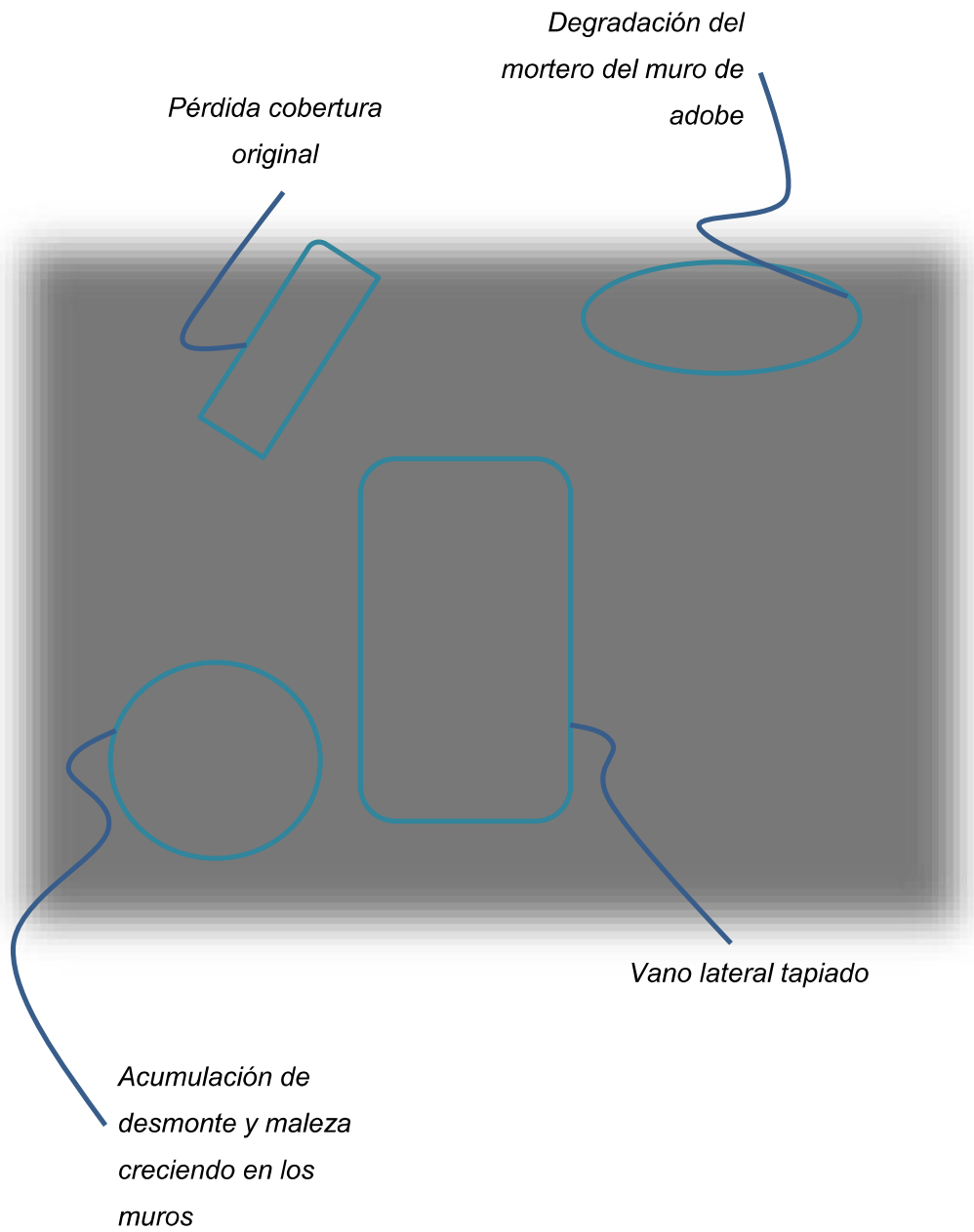


Desprendimiento del acabado de yeso de los muros.

Vanos tapiados

Fuente: Propia

Figura 78 Patologías: muro del Evangelio (exterior)



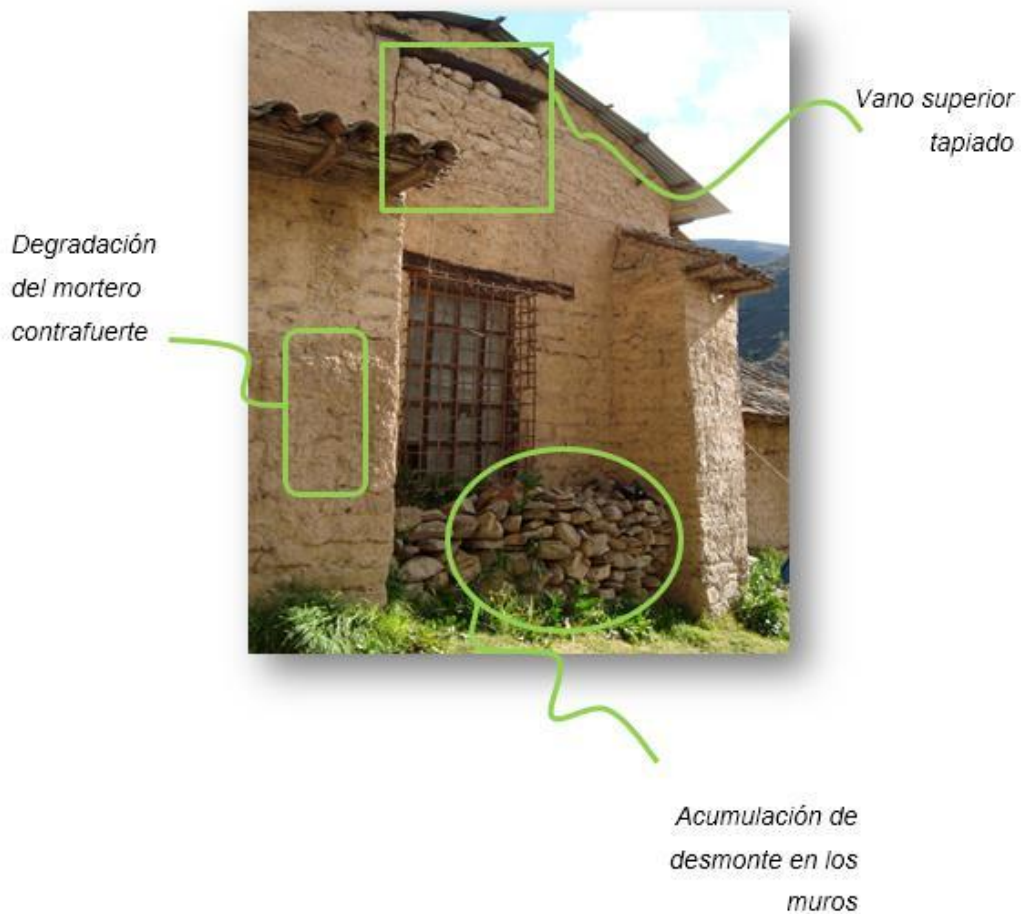
Fuente: Propia

Tabla 56 Patologías: muro testero

Patologías: Muro testero		
Zona	Lesión	Causa
Sobrecimientos	Degradación del mortero del sobrecimiento, cubiertos por vegetación y material excedente.	mala práctica constructiva (autoconstrucción), humedad constante, falta de mantenimiento
Muros	Grietas y fisuras, presencia de humedad, degradación del mortero del muro.	
Acabados	Exteriormente no hay presencia de embarre o acabado.	

Fuente: Propia

Figura 79 Patologías: muro Testero



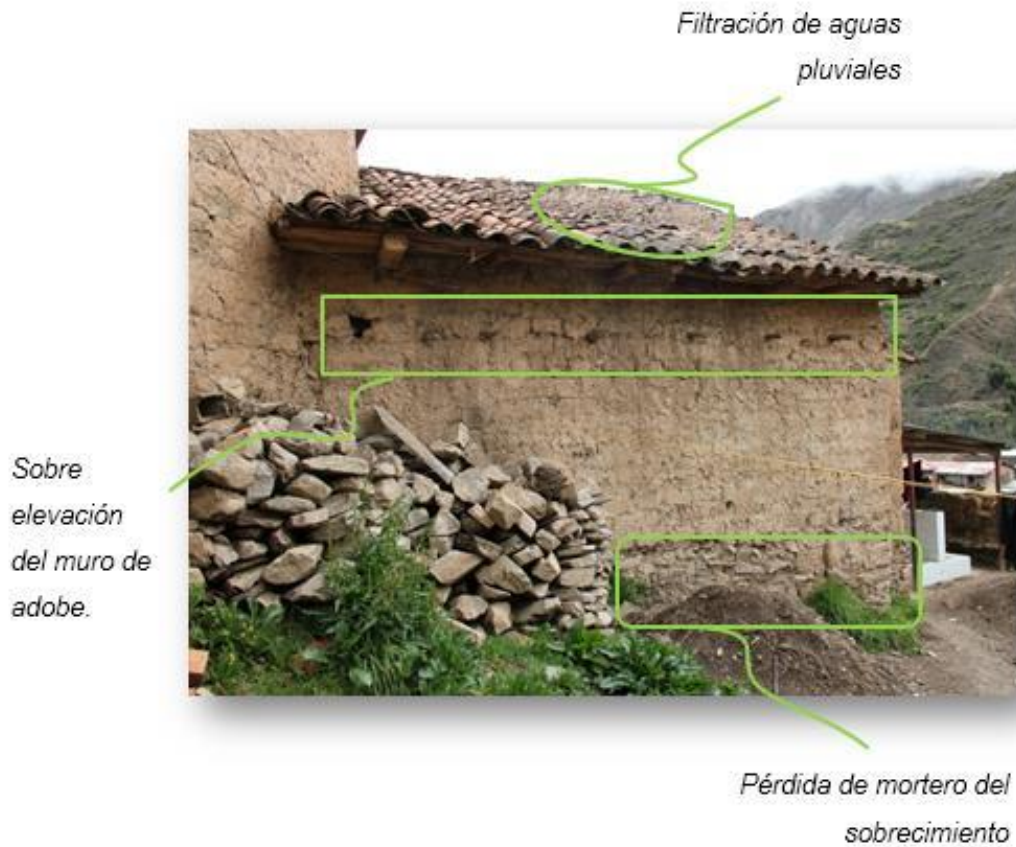
Fuente: Propia

Tabla 57 Patologías: sacristía

Patologías: Sacristía		
Zona	Lesión	Causa
Sobrecimientos	Erosión del mortero del sobrecimiento. Crecimiento de vegetación.	Mala práctica constructiva, humedad, mal manejo de aguas pluviales, falta de mantenimiento.
Muros	Grietas y fisuras, erosión de las unidades de adobe.	
Acabados	Degradación del embarre.	

Fuente: Propia

Figura 80 Patologías: Sacristía



Fuente: Propia

Tabla 58 Patologías: techo

Patologías: Techo		
Zona	Lesión	Causa
Techo	Se cambió la cubierta original de la nave por haber colapsado. La calamina se encuentra muy deteriorada y la madera utilizada se encuentra deformada. Los contrafuertes, la sacristía y la torre mantienen el techo original de teja, que se encuentra cubierta por una capa de líquenes.	Humedad contante, falta de mantenimiento.

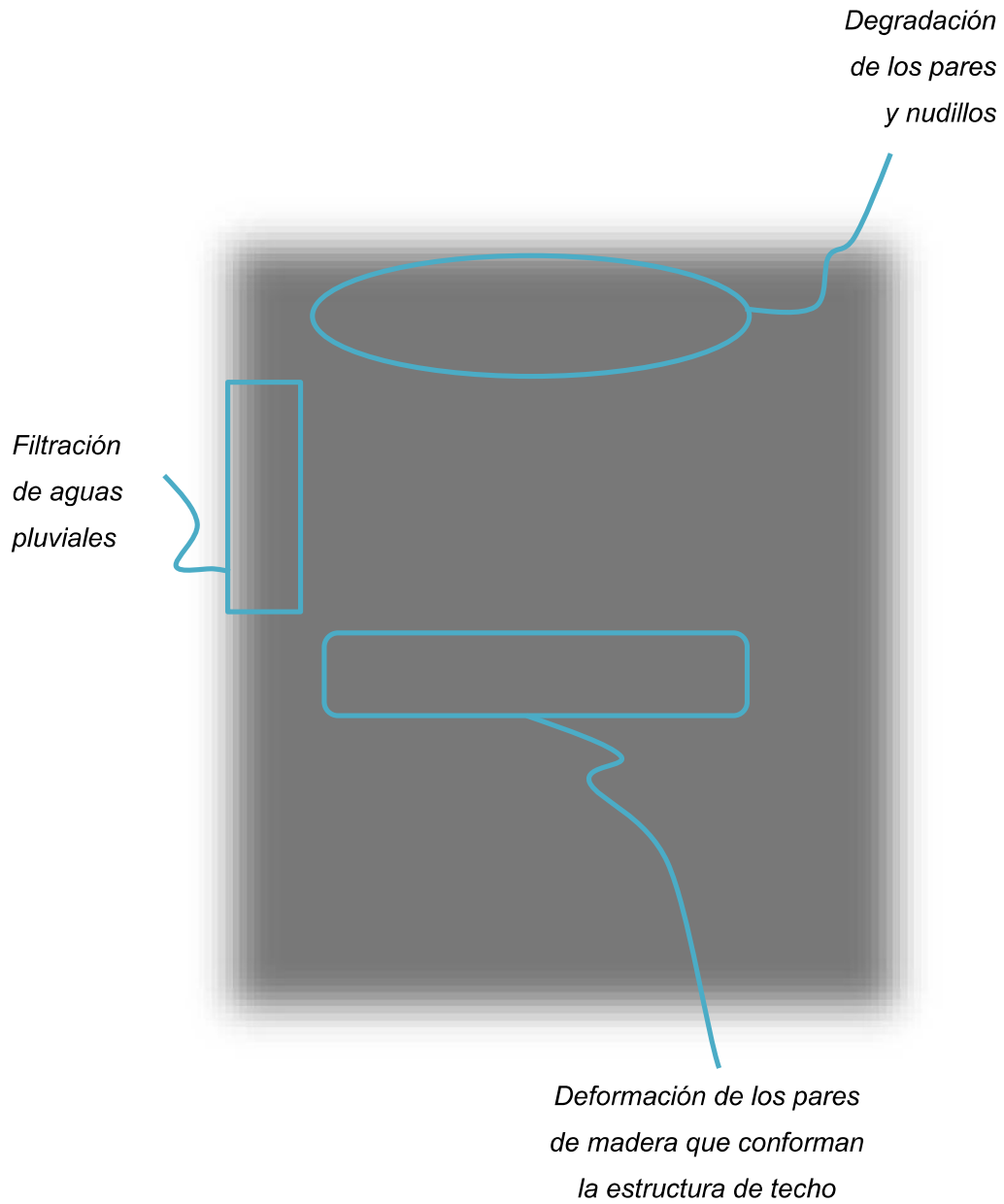
Fuentes: Propia

Figura 81 Patologías: Techo



Fuente: Propia

Figura 82 Patologías: Techo (interior)



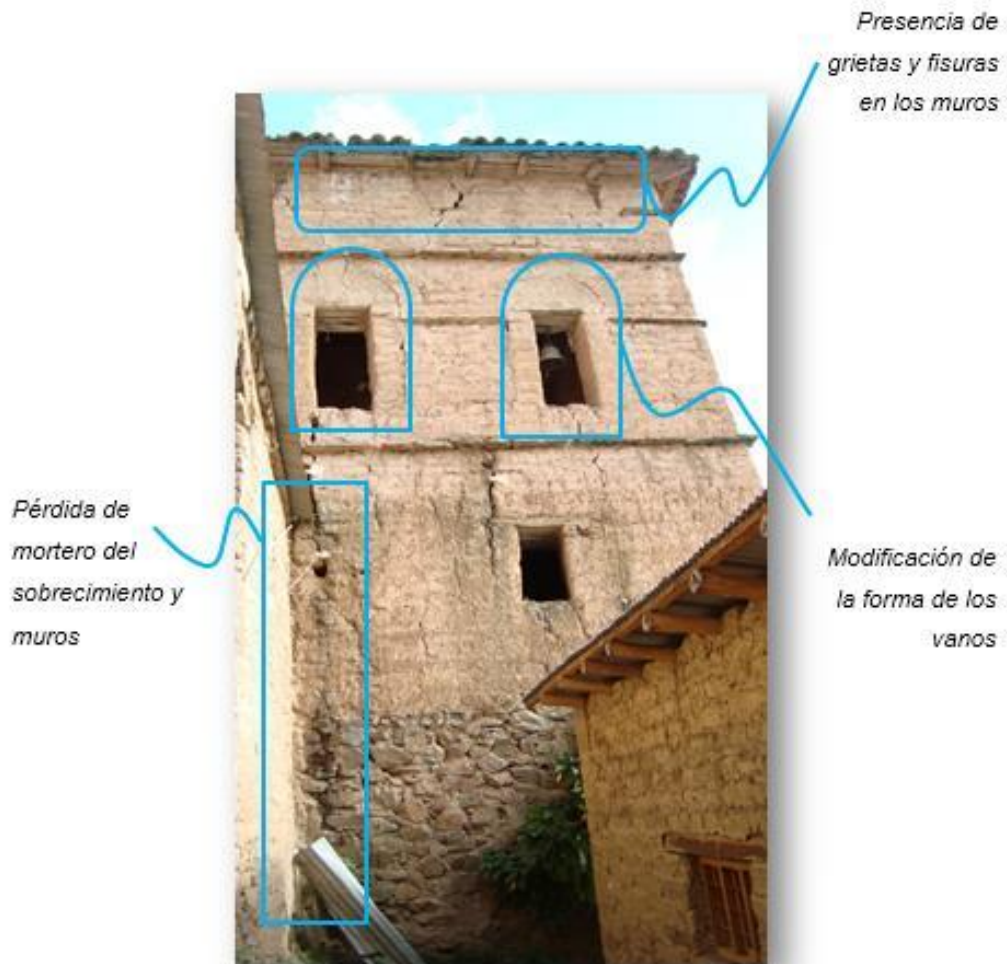
Fuente: Propia

Tabla 59 Patologías: torre del campanario

Patologías: Torre del Campanario		
Zona	Lesión	Causa
Sobrecimientos	Erosión y degradación del mortero	Humedad, mal manejo de aguas pluviales, mala práctica constructiva (autoconstrucción), falta de mantenimiento.
Muros	Grietas y fisuras, degradación de las unidades de adobe, presencia de humedad constante.	
Acabados	Degradación del embarre.	

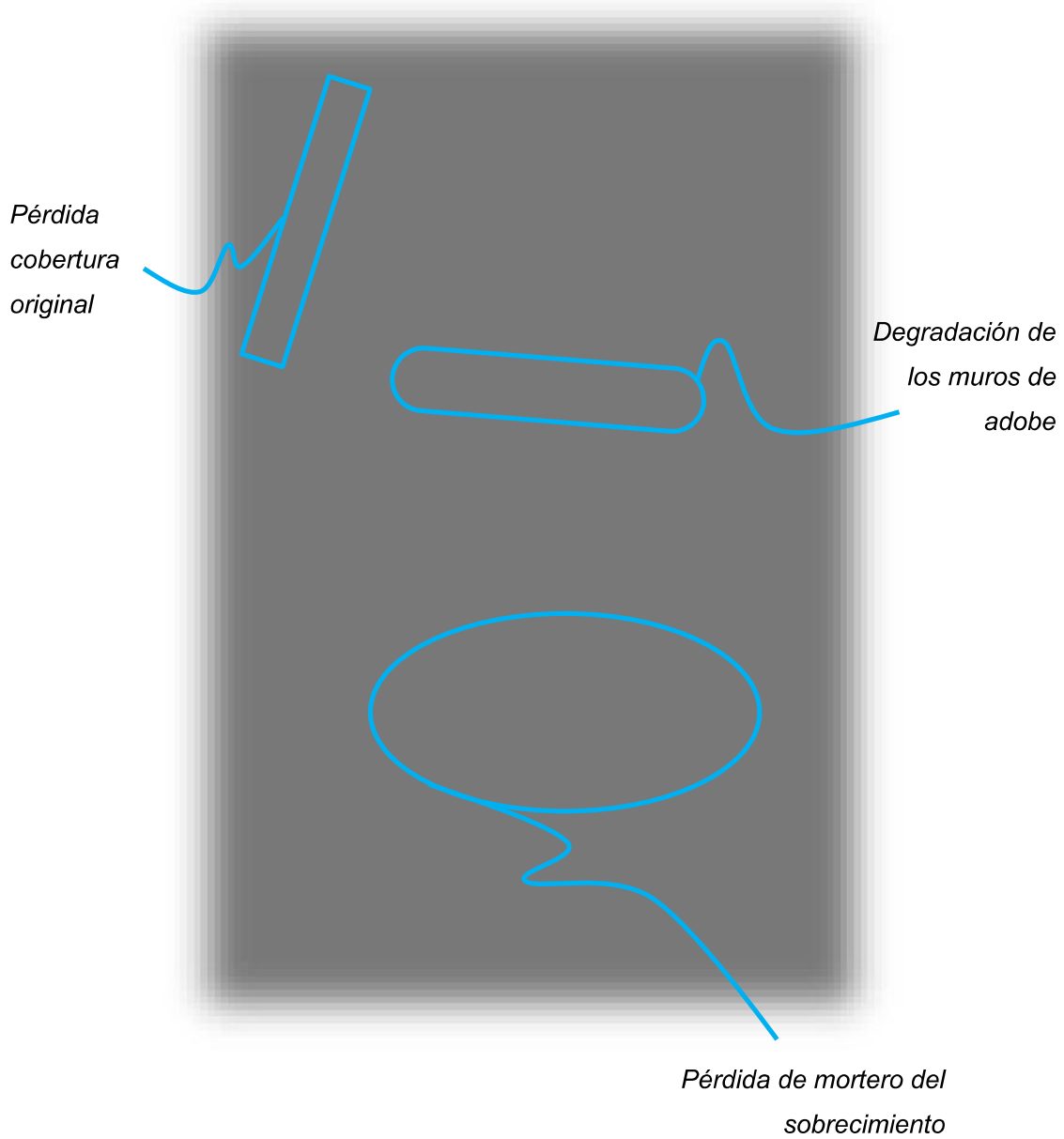
Fuente: Propia

Figura 83 Patologías: Torre del campanario



Fuente: Propia

Figura 84 Patologías: Torre del campanario (vista lateral)



Fuente: Propia



3.6.1.1.3. Análisis de las patologías del templo San Cosme y San Damián de Lares

Se pudo observar las patologías del templo San Cosme y San Damián, obteniendo que la causa más común de estas es la humedad constante presente en el distrito de Lares. Además, está la mala práctica constructiva que tuvo el templo, ya que fueron los mismos pobladores los que se encargaron de realizar las modificaciones existentes. Asimismo la falta de un adecuado mantenimiento de la estructura del templo.

Las patologías se clasifican de acuerdo a la presencia de agrietamientos y si comprometen la estabilidad de la estructura.

- **Baja:** Cuando ninguno de los elementos estructurales y no estructurales está comprometido, es decir, no se presentan agrietamientos, asentamientos o problemas de patología estructural en vigas, columnas, losas o muros cargueros.
- **Media:** Cuando algunos de los elementos estructurales presentan agrietamientos, asentamientos o problemas estructurales en vigas, columnas, losas o muros cargueros. Pero los mismos no comprometen la estabilidad de la estructura bajo las condiciones de carga de servicio, es decir de uso cotidiano.
- **Alta:** Cuando los daños en los elementos estructurales comprometen la estabilidad de la estructura bajo condiciones de carga de servicio, es decir, uso cotidiano, y por lo tanto la estructura no es apta para ser ocupada.

❖ **Muro de pies: Media**

El muro presenta distintas fisuras y filtraciones de aguas pluviales. En el interior, el mal estado del revestimiento de yeso hace evidente la falta de mantenimiento del templo.

❖ **Muro de la epístola: Media**

Se observan fisuras y grietas a lo largo del muro, así como desprendimiento del revestimiento (yeso en el interior y mortero en el exterior). Lo que genera la degradación de las unidades de adobe. Esto se agrava por la presencia de construcciones ajenas al templo, (lavaderos), produciendo una fuente de humedad constante en los sobrecimientos del muro.

**❖ Muro del evangelio: Media**

El muro presenta fisuras y grietas. También erosión y desprendimiento del mortero de barro dejando expuestas las unidades de adobe haciéndolas más vulnerables a la humedad. Al exterior del muro, se encuentra desmonte acumulado y raíces alojadas en el sobrecimiento y parte del muro, generando que el mortero de estas zonas se vuelva vulnerable.

❖ Muros de la sacristía: Media

En los muros de la sacristía se observan distintas fisuras en el exterior como en el interior. Sus unidades se encuentran expuestas a la humedad. Su sobrecimiento se encuentra en malas condiciones por el desprendimiento de su mortero.

❖ Muros testero: Media

Se observan fisuras y algunas grietas en el muro testero (alrededor de la ventana), la acumulación de desmonte a la altura de su sobrecimiento genera que se presente humedad constante.

❖ Techo: Media

La cubierta de la nave del templo está conformada por calaminas muy deterioradas. La teja presente en algunos techos se encuentran en proceso de degradación, cubiertas por una capa de líquenes producto de la humedad del lugar. Los rollizos de eucalipto que conforman la estructura del techo se encuentran deformados y en mal estado.

❖ Torre del campanario: Alta

Los muros de la torre presentan gran cantidad de grietas, siendo más significativas en la zona de ventanas del campanario. Sus muros no presentan ningún acabado, agravando las malas condiciones de las unidades de adobe. El mortero del sobrecimiento se encuentra en proceso de pérdida, lo cual deja expuestas las unidades que la conforman generando problemas en la estabilidad de la estructura de la torre.

Tabla 60 Patologías del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares

Patologías del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares		
Zona del templo	Descripción	Clasificación de Patología
Muro de Pies	Presenta fisuras y filtraciones de agua	Media
Muro de la epístola	Presenta fisuras y grietas, desprendimiento del revestimiento	Media
Muro del evangelio	Presenta fisuras y grietas, raíces alojadas en el sobrecimiento y parte del muro	Media
Muro de la sacristía	Presenta fisuras, desprendimiento del revestimiento	Media
Muro testero	Presenta fisuras, humedad constante en el sobrecimiento	Media
Techo	Cubierta de calamina deterioradas. Cubierta de tejas con líquenes.	Media
Torre del campanario	Presenta gran cantidad de grietas, gran pérdida del mortero del sobrecimiento.	Alta

Fuente: Propia

3.6.1.2. DETERMINACIÓN DEL DAÑO PRESENTE EN LOS MUROS DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES

3.6.1.2.1. Procesamiento de la determinación del daño en los muros del templo San Cosme y San Damián de Lares

Luego de observar las grietas y fisuras presentes en los muros del templo, se pudieron catalogarlas de acuerdo a su apertura, su forma y dirección para poder conocer el nivel de daño que estos presentan. Al igual que con las patologías, se dividió el templo en zonas: muro de pies, muro de la epístola, muro del evangelio, muro testero, muros de la sacristía, techo y la torre del campanario.

Se utilizaron los criterios de las fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles de la Dirección de Arquitectura de Chile para poder determinar el daño de los muros del templo San Cosme y San Damián de Lares.



Tabla 61 Descripción de daño en muros

DAÑO	CRITERIOS
Ninguno / muy leve	-Fisuras horizontales muy delgadas en borde a tracción. -Posible fisuración diagonal.
Moderado	-Fisuras horizontales. - Posible fisuración diagonal. - Posible fisuración diagonal en partes superiores del muro.
Fuerte	-Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro. - Posible fisuración diagonal.
Severo	-Fisuración en escalera muy pronunciado. -Borde inferior comienza a desintegrarse.

Fuente: Fichas de lesiones típicas de daños por terremotos en inmuebles

3.6.1.2.2. Tablas de la determinación del daño en los muros del templo San Cosme y San Damián de Lares

Tabla 62 Daño en el Muro de pies




<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño en el Muro de pies</u>
<p>FUERTE</p>	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro.-Descascaramiento en los bordes a compresión.-Fisuración diagonal en partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p>Fachada del muro de pies.</p> 
<p>FUERTE</p>	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro.-Descascaramiento en los bordes a compresión.-Fisuración diagonal en partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p>Parte posterior del muro de pies.</p> 

Tabla 63 Daño en la sacristía





<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño en la Sacristía</u>
MODERADO	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuras horizontales en la parte superior del muro.-Posible fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p data-bbox="646 758 808 873">Parte superior del muro de la sacristía.</p> 
MODERADO	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuras horizontales en la parte superior del muro.-Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión.-Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia:  <p data-bbox="1125 1793 1377 1824">Interior de la sacristía.</p>

Tabla 64 Daño en el Muro de la epístola

<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño en el muro de la Epístola</u>
FUERTE	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro.-Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión.-Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p>Muro de la Epístola.</p> <p>Acceso tapiado del batisterio</p> 
MODERADO	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuras horizontales, mortero descascarado en las juntas del muro.-Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión.-Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p>Muro de la Epístola.</p> <p>Hornacina en el muro.</p> 

Tabla 65 Daño en el Muro de la epístola

<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño de la epístola</u>
<p>FUERTE</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ❖ Criterios: <ul style="list-style-type: none"> -Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro. -Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión. -Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades. ❖ Apariencia:  <p>Muro de la Epístola. Hornacina en el muro.</p>
<p>FUERTE</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ❖ Criterios: <ul style="list-style-type: none"> -Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro. -Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión. -Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades. ❖ Apariencia:  <p>Muro de la Epístola. Zona de bajo del coro.</p>

Tabla 66 Daño en el Muro del evangelio


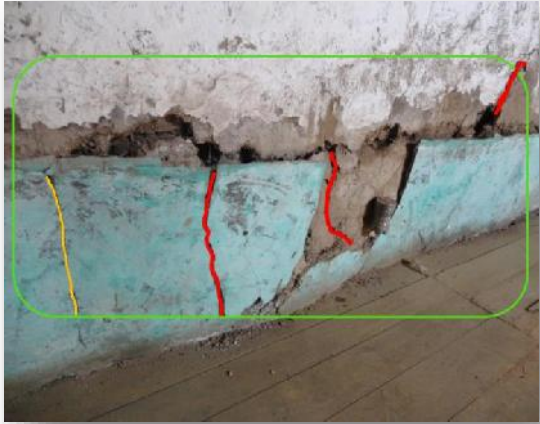


<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño del muro del evangelio</u>
FUERTE	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro.-Fisuración diagonal y descascaramiento.❖ Apariencia:  <p>Muro del Evangelio. Contrapiso del muro</p>
MODERADO	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuras horizontales, mortero descascarado en las juntas del muro.-Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia:  <p>Muro del Evangelio. Contrapiso del muro</p>

Tabla 67 Daño en el Muro del evangelio





<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño del muro del evangelio</u>
FUERTE	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Grietas en las juntas horizontales cerca de la base del muro.-Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión.❖ Apariencia: <p>Muro del Evangelio.</p> <p>Vista exterior.</p> 
MODERADO	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuras horizontales, mortero descascarado en las juntas del muro.-Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión.-Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p>Muro del Evangelio.</p> <p>Vista interior.</p> 

Tabla 68 Daño en el muro testero





<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño en el muro testero</u>
MODERADO	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuras horizontales, mortero descascarado en las juntas del muro.-Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p>Muro testero</p> <p>Vista de la ventana</p> 
MODERADO	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuras horizontales, mortero descascarado en las juntas del muro.-Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión.-Fisuración diagonal en las partes superiores del muro, inclusive en las unidades.❖ Apariencia: <p>Muro testero</p> <p>Vista de la ventana</p> 

Tabla 69 Daño en la torre del campanario









<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño en la torre del campanario</u>
<p>SEVERO</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Criterios: <ul style="list-style-type: none"> -Fisuración en escalera pronunciada. -Bordes interiores empiezan a desintegrarse. -Capacidad de carga vertical disminuye. ❖ Apariencia: </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Torre del campanario.</p> <p>Zona superior cara</p> </div> 
<p>SEVERO</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%;"> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Criterios: <ul style="list-style-type: none"> -Fisuración en escalera pronunciada. -Bordes interiores empiezan a desintegrarse. -Capacidad de carga vertical disminuye. ❖ Apariencia: </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p>Torre del campanario.</p> <p>Zona superior cara</p> </div> 

Tabla 70 Daño en la torre del campanario

<u>Daño</u>	<u>Descripción del daño en la torre del campanario</u>
FUERTE	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuración diagonal y descascaramiento en el borde de compresión.-Fisuración diagonal en partes superiores, inclusive en las unidades.❖ Apariencia:  <p>Torre del campanario. Zona superior cara frontal.</p>
SEVERA	 <ul style="list-style-type: none">❖ Criterios:<ul style="list-style-type: none">-Fisuración en escalera pronunciada.-Bordes interiores empiezan a desintegrarse.-Capacidad de carga vertical disminuye.❖ Apariencia:  <p>Torre del campanario. Interior.</p>



3.6.1.2.3. Análisis de la determinación del daño presente en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares

La determinación del daño presente en los muros del templo se trabajó en relación a las dimensiones de fisuras y grietas presente en los muros de adobe.

❖ Muro de pies:

El muro de pies presenta un daño fuerte; se puede apreciar fisuras diagonales, incluso en algunas unidades de adobe en la parte superior del muro. También pérdida de integridad del mortero en el borde de compresión.

❖ Muro de la epístola:

El muro de la epístola presenta un daño fuerte; muestra pérdida de integridad del mortero en el borde de compresión, además de fisuras en las juntas horizontales en la base del muro. También se distingue fisuras diagonales en la parte superior del muro, inclusive en las unidades de adobe.

❖ Muro del evangelio:

La cara interior del muro del evangelio muestra fisuras horizontales y mortero descascarado, también algunas fisuras diagonales en la zona superior del muro, presentando un daño moderado. En cambio, en la cara exterior del muro se encuentran fisuras en las juntas horizontales en la base del muro, presentando un daño fuerte.

❖ Muros de la sacristía:

Los muros de la sacristía presentan un daño moderado; muestran fisuras horizontales, con mortero descascarado, también fisuras diagonales en zonas superiores del muro.

❖ Muro testero:

El muro testero presenta un daño moderado; muestra fisuras horizontales en la mayoría de su área y algunas diagonales en la parte superior.

❖ Torre del campanario:

La torre del campanario presenta daño severo; muestra en su mayoría grietas diagonales en la cara exterior e interna de los muros que conforman

su estructura. En algunas zonas, las fisuras, se encuentran inclusive en las unidades de adobe.

Tabla 71 Determinación del daño en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares

Determinación del daño presente en los muros del templo San Cosme y San Damián del distrito de Lares		
Zona del templo	Descripción	Nivel de daño
Muro de Pies	Presenta fisuras diagonales, incluso en algunas unidades de adobe en la parte superior del muro	Fuerte
Muro de la epístola	Presenta pérdida de integridad del mortero en el borde de compresión, fisuras en las juntas horizontales en la base del muro	Fuerte
Muro del evangelio	Presenta fisuras horizontales y mortero descascarado, también algunas fisuras diagonales en la zona superior del muro	Fuerte
Muro de la sacristía	Muestra fisuras horizontales, con mortero descascarado	Moderado
Muro testero	Presenta fisuras horizontales en la mayoría de su área y algunas diagonales en la parte superior	Moderado
Torre del campanario	Presenta en su mayoría grietas diagonales en la cara exterior e interna de sus muros En algunas zonas se encuentran en las unidades de adobe.	Severo

Fuente: Propia

3.6.2. ESTRUCTURA ACTUAL DEL TEMPLO SAN COSME Y SAN DAMIÁN DEL DISTRITO DE LARES - ANÁLISIS CUANTITATIVO

ANÁLISIS CUANTITATIVO

3.6.2.1. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE LA UNIDAD DE ADOBE – N.T.P 331.202. ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER.

3.6.2.1.1. Cálculos de la prueba

La resistencia a compresión se calcula de la siguiente forma:

$$R_c = \frac{P}{A}$$

Donde:

- RC: resistencia a la compresión expresada en Kg/cm²
- P: carga de rotura expresada en Kg
- A: área de la sección transversal promedio, en cm²

3.6.2.1.2. Tabla del ensayo de compresión de adobe colonial

Tabla 72 Ensayo de compresión de adobe colonial

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE				
Adobe colonial				
Adobe	Carga de rotura Kg	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Desviación estándar	<i>f'o</i> Kg/cm ²
6	807	7.83	1.04	6.79
2	793	7.77	1.04	6.73
3	810	7.78	1.04	6.74
			<i>f'o</i>	6.76

Fuente: Propia

3.6.2.1.3. Análisis del ensayo de compresión de adobe colonial

El ensayo se realizó con una velocidad de compresión de 680 Kgf/s. Luego de ensayar los adobes coloniales, se observó que su resistencia final es aproximadamente la mitad de la mencionada en la norma de adobe E. 080. Teniendo en cuenta su antigüedad, la degradación de cada unidad por los factores climáticos de la zona de Lares y la falta de mantenimiento es un resultado perceptible.

3.6.2.1.4. Tabla del ensayo de compresión de adobe convencional

Tabla 73 Ensayo de compresión de adobe convencional

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE				
Adobe convencional				
Adobe	Carga de rotura Kg	Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	Desviación estándar	<i>f'o</i> Kg/cm ²
1-A	1580	8.38	1.04	7.34
1-B	1580	8.17	1.04	7.67
2-A	1570	8.49	1.04	7.45
2-B	2040	9.91	1.04	8.87
3-A	1870	8.59	1.04	7.55
3-B	1790	8.63	1.04	7.59
4-A	2030	9.65	1.04	8.61
4-B	1470	8.07	1.04	7.03
			<i>f'o</i>	7.77

Fuente: Propia

3.6.2.1.5. Análisis del ensayo de compresión de adobe convencional

Los resultados del ensayo de compresión muestran la baja calidad de los adobes producidos para la venta en la zona de San Sebastián, la norma E.080 nos indica que la resistencia aceptable de compresión del adobe es de 12 kg/cm², siendo la resultante de 7.768 Kg/cm².

3.6.2.2. RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ADOBE – N.T.P 399.605 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA.

3.6.2.2.1. Cálculos de la prueba

La resistencia a compresión se calcula de la siguiente forma:

$$Rc = \frac{P}{A}$$

Donde:

- RC: resistencia a la compresión expresada en Kg/cm²
- P: carga de rotura expresada en Kg
- A: área de la sección transversal promedio, en cm²

Se calcula para cada prisma la relación h_p/t_p , entre la altura (h_p) y la menor dimensión lateral (t_p) de ese prisma. Se determinara de factor de corrección.

Tabla 74 Factor de correccion de los prismas de adobe

h_p/t_p	1.3	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
Factor de corrección	0.75	0.86	1.0	1.04	1.07	1.15	1.22

Fuente: N.T.P 399.605

Se multiplicará la resistencia del prisma de albañilería por el factor de corrección del respectivo prisma. Se calculará la resistencia en compresión de la albañilería, f_m para cada muestra de prismas.

El esfuerzo admisible a compresión del muro (f_m) se obtendrá con la siguiente expresión:

$$f_m = 0,25 f_m'$$

Donde:

- f_m' : esfuerzos de compresión última de la pila.

3.6.2.2.2. Tabla del ensayo de compresión de abobe colonial

Tabla 75 Factor de corrección de los prismas de adobe

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ADOBE						
Factor de corrección de los prismas de adobe colonial						
Prisma	Altura (cm)	Altura mortero (cm)	Unidades	Espesor (cm)	Esbeltez (hp/tp)	Factor de corrección
A1	29.8	2	2	14.7	2.03	1
A2	29.8	2	2	15.1	1.97	1
Factor de corrección de los prismas de adobe actual						
Prisma	Altura (cm)	Altura mortero (cm)	Unidades	Espesor (cm)	Esbeltez (hp/tp)	Factor de corrección
B1	32.9	2	2	15.4	2.14	1
B2	32.2	2	2	13.95	2.31	1
B3	31.6	2	2	15.2	2.08	1

Fuente: Propia

Tabla 76 Resistencia a compresión de los prismas de adobe

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PRISMAS DE ADOBE					
Resistencia a compresión del prisma de adobe colonial (f'm)					
Prisma	Carga de ensayo (Kg)	Área (cm ²)	Factor de corrección	f'm (Kg/cm ²)	Esfuerzo admisible a compresión del muro $f_m = 0.25 * f'm$
A1	950	216.83	1	4.38	1.10
A2	960	229.52	1	4.18	1.05
Resistencia a compresión del prisma de adobe actual (f'm)					
Prisma	Carga de ensayo (Kg)	Área (cm ²)	Factor de corrección	f'm (Kg/cm ²)	Esfuerzo admisible a compresión del muro $f_m = 0.25 * f'm$
B1	990	231.00	1	4.29	1.07
B2	1170	209.25	1	5.59	1.40
B3	1320	215.84	1	6.12	1.53

Fuente: Propia

3.6.2.2.3. Análisis del ensayo de compresión de adobe colonial

El ensayo se realizó con una velocidad de compresión de 680 Kg/s. Luego de ensayar los prismas, se observó que los hechos de adobe colonial tienen una resistencia igual a la mitad de la mencionada en la norma de adobe E. 080 (2 Kg/cm²) y los prismas de adobe actual tampoco cumplen con los requisitos normados.

3.6.2.3. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE – N.T.P 331.202 ELEMENTOS DE SUELO SIN COCER.

3.6.2.3.1. Tabla de determinación del contenido de humedad

Tabla 77 Contenido de humedad del material conformante del adobe

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE			
Peso inicial y final de la muestra de adobe			
Muestra	P. inicial (gr)	P. final (gr)	%
MUESTRA 1	300.5	270	11.14
MUESTRA 2	300	267	13.53

Fuente: Propia

3.6.2.3.2. Análisis de la determinación del contenido de humedad

Las muestras resultantes de las unidades de adobe presentan un porcentaje de humedad de 11.4 y 13.53.

3.6.2.4. GRANULOMETRÍA DEL MATERIAL CONFORMANTE DEL ADOBE – MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS. JOSEPH E. BOWLES.

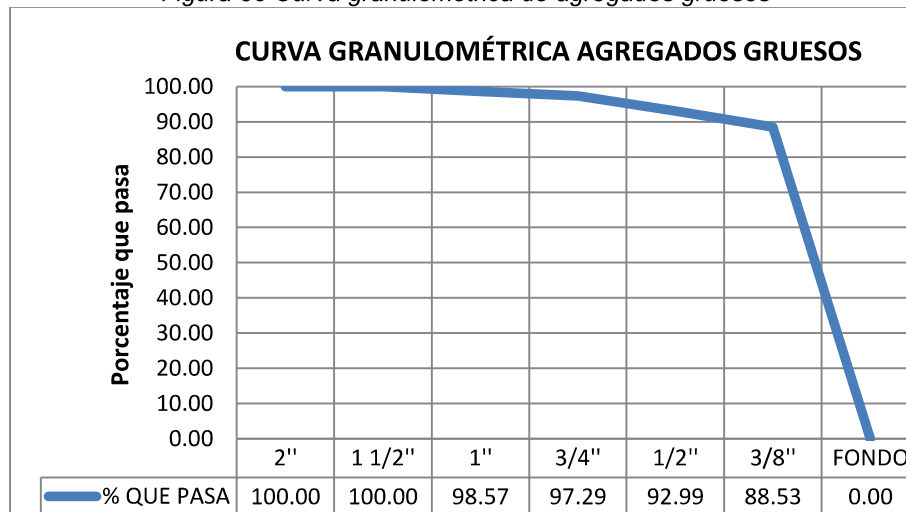
3.6.2.4.1. Cálculo de la Granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado grueso.

Tabla 78 Porcentajes de material retenido en cada malla. Agregado grueso

GRANULOMETRÍA DE AGREGADOS GRUESOS DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE				
Tamiz	Peso Retenido (Gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	16.40	1.43	1.43	98.57
3/4"	14.60	1.27	2.71	97.29
1/2"	49.30	4.30	7.01	92.99
3/8"	51.10	4.46	11.47	88.53
FONDO	1014.30	88.53	100.00	0.00
TOTAL	1145.70	100.00		

Fuente: Propia

Figura 85 Curva granulométrica de agregados gruesos



Fuente: Propia

3.6.2.4.2. Análisis de la granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado grueso

Se observó una gran cantidad de agregado grueso, a comparación del adobe convencional. Se presentaban pequeñas piedras de canto rodado y también fracciones de piedra pizarra, típica de la zona de Lares.

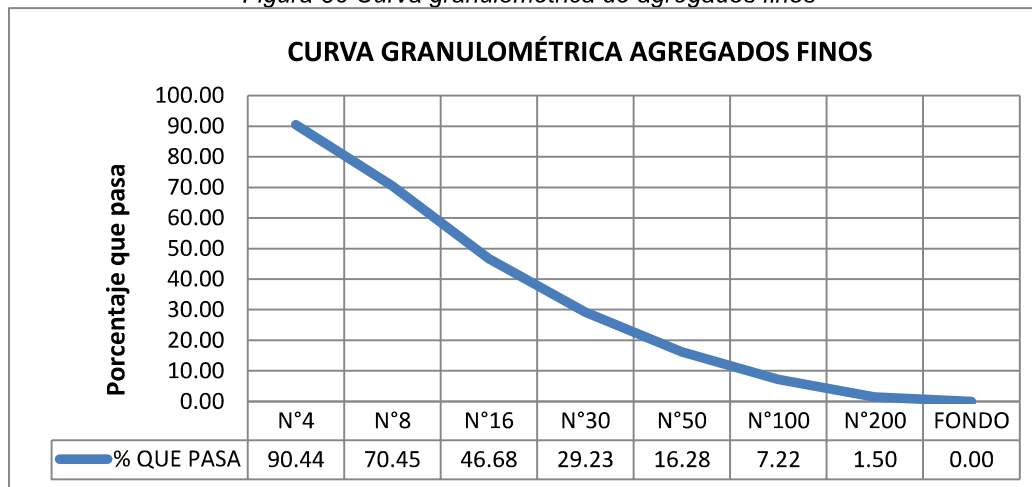
3.6.2.4.3. Cálculo de la Granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado fino

Tabla 79 Porcentajes de material retenidos en cada malla. Agregado fino

CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADOS FINOS DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE				
Tamiz	Peso Retenido (Gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°4	97.00	9.56	9.56	90.44
N°8	202.70	19.98	29.55	70.45
N°16	241.10	23.77	53.32	46.68
N°30	177.00	17.45	70.77	29.23
N°50	131.40	12.95	83.72	16.28
N°100	91.90	9.06	92.78	7.22
N°200	58.00	5.72	98.50	1.50
FONDO	15.20	1.50	100.00	0.00
TOTAL	1014.30	100.00		

Fuente: Propia

Figura 86 Curva granulométrica de agregados finos



Fuente: Propia

3.6.2.4.4. Análisis de la granulometría del material conformante del adobe colonial para agregado grueso

Se pudo observar que la muestra de material fino de adobe colonial está bien graduado. A comparación del material grueso, cuyos tamaños varían

de manera notoria. Se encontró gran cantidad de arcillas así como limos arenosos.

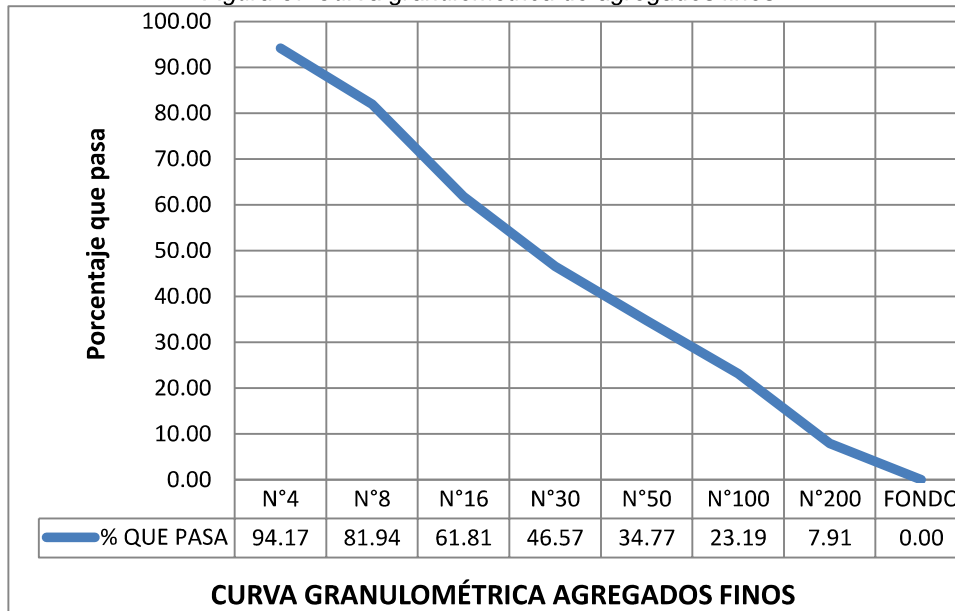
3.6.2.4.5. Cálculo de la granulometría del material conformante del adobe convencional.

Tabla 80 Porcentaje de material retenido en cada malla. Agregado fino

CURVA GRANULOMÉTRICA AGREGADOS FINOS DEL MATERIAL CONFORMANTE DE LAS UNIDADES DE ADOBE				
Tamiz	Peso Retenido (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°4	66.90	5.83	5.83	94.17
N°8	140.40	12.23	18.06	81.94
N°16	231.10	20.13	38.19	61.81
N°30	175.00	15.24	53.43	46.57
N°50	135.50	11.80	65.23	34.77
N°100	132.90	11.58	76.81	23.19
N°200	175.49	15.29	92.09	7.91
FONDO	90.80	7.91	100.00	0.00
TOTAL	1148.09	100.00		

Fuente: Propia

Figura 87 Curva granulométrica de agregados finos



Fuente: Propia

3.6.2.4.6. Análisis de la granulometría del material conformante del adobe convencional

La granulometría del material conformante del adobe convencional solo presentó agregados finos, en su mayoría arcillas. Se encontró también