



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del Centro Histórico Cusco – 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

BACH. Escobar Chauca, Bening Junior (ORCID: 0000-0002-5021-7342)

BACH. Rivera Chambi, Elisban (ORCID: 0000-0002-7268-0362)

ASESOR:

MS. ING. AYBAR ARRIOLA, GUSTAVO ADOLFO

(ORCID: 0000-0001-8625-3989)

LINEA DE INVESTIGACION:

ESTRUCTURAS

Callao – Perú

2021

DEDICATORIA

Les dedico a mi madre y mi padre por el apoyo incondicional y sus sabios consejos que siempre me brindaron para salir adelante.

Bening Junior Escobar Chauca.

Les dedico a mis padres y hermanos que me apoyaron siempre en todo este tiempo y a mi familia que siempre estará a mi lado alentándome para seguir adelante.

Elisban Rivera Chambi.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros asesores Ms. Ing. Mijaíl Montesinos Escobar y Ms. Ing. Adolfo Arriola Aybar Gustavo por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también habernos tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	4
BASES TEÓRICAS.....	8
Comportamiento sísmico de edificios de adobe históricos.....	8
Daños típicos en construcciones históricas de adobe “casonas coloniales”	9
Caracterización de los daños por sismos.....	10
Daños en las intersecciones de muros ortogonales	16
Concepto general de sismicidad.	20
Análisis sísmico para el Centro Histórico de Cusco.	22
Casonas coloniales en el Cusco	25
Principios básicos de Intervención e Restauración Estructural	29
Intervenciones.....	34
Técnicas de diagnóstico y reforzamientos estructural usadas en edificaciones de mampostería de adobe y otros en el Cusco.	41
Reforzamiento de Madera:.....	41
Tensores con Acero:	43
Técnicas de Reforzamientos Estructurales Usadas en Mamposterías de Adobe y Otros en el Mundo.....	44
Reforzamiento en muros y pilares.....	44
Sustitución física de la zona dañada.....	44
Inyecciones	45
Atirantamientos	45
Zunchados	46
Reforzamientos en forjados y cubiertas	47
Suplementos resistentes en vigas y viguetas.....	47
Parteluces	48

Reforzamiento específicas en armaduras y cerchas de cubiertas	48
Reforzamientos en las cimentaciones.....	49
Diafragma diamante.....	50
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	51
Casas coloniales.....	51
Reforzamiento estructural	51
III. METODOLOGÍA.....	52
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	52
3.2. Variable y Operacionalización	52
3.3. Población, muestra y muestreo	52
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad 53	
3.5. Procedimientos.....	58
3.6. Método de análisis de datos.....	59
3.7. Aspectos éticos.	59
IV. RESULTADOS.....	60
V. DISCUSIÓN	64
VI. CONCLUSIONES.....	67
VII. RECOMENDACIONES	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS	73
Anexo 1 Matriz de consistencia.	74
Anexo 2 Matriz de operacionalización de variables	76
Anexo 3 Ficha de validación de juicio de expertos.....	78
Anexo 4 Validación de los instrumentos	80
Anexo 6 Informe técnico: compresión uniaxial.....	82
Anexo 6 Panel fotográfico	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Valores aceptables y máximos	17
Tabla N° 02: valores de aceleración máxima del suelo	20
Tabla N° 03: método determinístico / probabilístico	20
Tabla N° 05: Cuadro de aceleraciones máximas (gals) para un suelo tipo B (roca dura) de acuerdo IBC 2015, para un Periodo de retorno de 475 años	23
Tabla N° 06: Análisis de peligro sísmico determinístico	25
Tabla N° 07: Catalogación de Inmuebles del Centro Histórico del Cusco	29
Tabla N° 08: Definiciones de puesta en valor.....	33
Tabla N° 09: Tipos de intervención.....	35
Tabla N° 10: Aspectos a considerar en la intervención	37
Tabla N° 11: Códigos vigentes y la filosofía que estos siguen:	39
Tabla N° 12: Cuadro de resumen del ensayo Uniaxial	54
Tabla N° 13: Metrado de cargas para estructuras de techo: Par y Nudillo	55
Tabla N° 14: Metrado de cargas para estructuras de entrepiso	56
Tabla N° 15: Cuadro de resumen de desplazamientos en Sismo X-X.....	61
Tabla N° 16: Cuadro de resumen de desplazamientos en Sismo Y-Y.....	61
Tabla N° 17: Cuadro de resumen de máximos esfuerzos en Sismo X-X.....	62
Tabla N° 18: Cuadro de resumen de máximos esfuerzos en Sismo Y-Y.....	63
Tabla N° 19 MATRIZ DE CONSISTENCIA	75
Tabla N° 20 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	77

ÍNDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

Figura N° 01: Tipos de daños típicos en construcciones históricas de Adobe.....	9
Figura N° 02: Tipos de daños típicos en construcciones históricas de Adobe.....	10
Figura N° 03: Grieta vertical por efecto del tímpano	12
Figura N°04: Grieta en la esquina del muro exterior prolongada de arriba hacia abajo también llamado grieta por desgarre.	13
Figura N°05: Grietas por flexión fuera del plano.....	13
Figura N° 06: grieta por flexión fuera del plano	14
Figura N° 07: Grietas diagonales por fuerzas cortantes en el plano del muro	15
Figura N° 08: Grietas cerca de los vanos	15
Figura N° 09: Daños en las intersecciones de muros ortogonales	16
Foto N° 10: efecto de las condiciones preexistentes	17
Figura N° 11: daños presentados en techo	18
Figura N° 12: daños por influencia de techo.....	18
Figura n 13: Erosión en los muros por humedad.....	19
Figura N° 14: Grietas pre existente	19
Figura 15: Espectros de respuestas de aceleración de diferentes investigaciones, para Cusco	22
Figura 16: Mapa de Peligro sísmico para Cusco, valores de aceleraciones máximas (gals) en T=0.00 según datos del cuadro de CISMID, para un periodo de retorno de 475 años	23
Figura N° 17: Evaluación Inmuebles que Requieran Intervención Prioritaria del Centro Histórico del Cusco.....	27
Figura N° 18: PLANO DE ESTADO DE CONSERVACION DE TODOS LOS INMUEBLES CONFORMANTES DEL CENTRO HISTORICO DEL CUSCO (AE-I) Y EL AREA DE AMORTIGUAMIENTO (AE-II)	28
Figura N° 19: Detalles de conexión con madera.	42
Figura N° 20: Reforzamiento con tensores con acero	43
Figura N° 21: sustitución de la zona dañada	45
Figura N° 22: Método de inyección.....	45
Figura N° 23: Atirantamientos	46
Figura N° 24: Zunchados.....	46
Figura N° 25: suplementos resistentes en vigas y viguetas.....	48
Figura N° 26: Parteluces	48
Figura N° 27: reforzamiento especificas en armaduras y cerchas de cubierta	49

Figura N° 28: Reforzamientos en las cimentaciones	49
Figura N° 29: Reforzamientos estructural diafragma diamante	50
Figura N° 30: Cubo prismática de la muestra de adobe n° 01	53
Figura N° 31: Cubo prismática de la muestra de adobe n° 02. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura N° 32: Cubo prismática de la muestra de adobe n° 03. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura N° 33: Cubo prismática de las muestras del adobe.....	54
Figura N° 34: Vista planta.....	56
Figura N° 35: Elevación corte A-A´	57
Figura N° 36: Elevación corte B-B´	57
Figura N° 37: Vista frontal	58
Figura N° 38: Diagrama de deformaciones para sismo X-X y sismo Y-Y	60
Figura N° 39: Diagrama de esfuerzos máximos para sismo X-X y sismo Y-Y	62

RESUMEN

Los centros históricos como es la ciudad de Cusco-Perú poseen grandes valores culturales e históricos por las casonas coloniales, que se encuentran deterioradas por el paso del tiempo y ausencia de mantenimiento, como también están afectadas por agentes influyentes como son las precipitaciones pluviales, las cuales debilitan la estructura por la humedad localizada generalmente en la parte inferior de los muros y en la parte superior por las filtraciones en los techos, estas edificaciones compuestas con muros de adobe el cual es un material con alta inestabilidad en sus propiedades mecánicas, por tener una baja resistencia a compresión y casi nula resistencia a fuerzas de tracción, considerando además de la ubicación donde se encuentra la ciudad del Cusco, la caracterizan con alta vulnerabilidad, entendiendo que está en una zona de actividad sísmica, se convierten en peligros y amenazas para las pérdidas de las vidas humanas de los ocupantes o visitantes y la pérdida irreversible del patrimonio cultural.

PALABRAS CLAVE: Casonas coloniales, sismo, ductilidad, rigidez y reforzamiento estructural.

ABSTRACT

Peru, particularly the city of Cusco, presents a great legacy of historical buildings such as colonial houses as they are considered as material documents of the past, having exceptional historical and spatial values, for science and culture, allowing us to know in this way as was the origin and identity of our civilization as well as constituting an economic contribution to our country, being a tourist attraction. Most of these houses are deteriorated and weakened, due to lack of maintenance, being subjected to external agents such as rainfall and the seismic area where the city of Cusco is located, making them dangers and threats for the loss of human life and the intrinsic values of the property which is intended to be mitigated through this thesis, with the proposal of a structural reinforcement technique to control stresses and deformations generated by service loads and seismic forces, also considering the recommendations by the international charts adopted by ICOMOS-UNESCO, such as compatibility, reversibility and little invasion with structural elements, thus contributing to the preservation of the historic center of Cusco.

KEY WORDS: Colonial houses, earthquake, ductility, rigidity and structural reinforcement

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de la diversidad de riquezas históricas que posee la Ciudad del Cusco, se encuentran las “casonas coloniales” que forman parte del gran legado del Centro Histórico, consideradas como patrimonio del Cusco, desde la época republicana; entre los siglos XVI y XVII aproximadamente donde se edificaron las casonas coloniales, no contaban con normas constructiva, lo cual quedaba a criterio del encargado de la construcción, el mismos que por su experticia centraba sus conocimientos en métodos que ayudaran a resistir esfuerzos verticales (cargas vivas y muertas) y de manera secundaria otras solicitudes como los esfuerzos horizontales (sismo); las casonas coloniales están conformadas constructivamente con una cimentación y sobre cimentación de profundidad variable, compuesta por piedras de diversos tamaños, asentada con mortero de cal y arcilla, la mampostería está conformado con bloques de adobe con mortero de barro, el sistema de cobertura es de tipo tijerales “par y nudillo” de madera, sobre las cuales se colocan alfajías (quiswar o cur cur) que recibe una capa de barro y paja, cubierta con teja artesanal.

Para nuestra época el siglo XXI, muchos inmuebles han sufrido diversos episodios sísmicos, así como el paso del tiempo y sus implicancias de modernización, por lo tanto, la mayoría de estos inmuebles se encuentran deterioradas y afectadas por la ausencia de mantenimiento, la variedad climatológica (precipitaciones pluviales) y la coincidencia de la ubicación donde ocurre movimientos telúricos como es la ciudad del Cusco, perjudican y dañan a la casona colonial humedeciendo y fisurando sus elementos estructurales. Es en esta coyuntura que cada inmueble particularmente presenta, daños estructurales y propiedades físico-mecánicas del adobe mayormente están contruidos con el propio material del lugar, la técnica de reforzamiento estructural tiene que ser específico y apropiado, capaz de proporcionar mayor resistencia y rigidez para controlar esfuerzos y deformaciones ante cargas de servicio y sísmicas, tratando de evitar de esta manera que el inmueble se convierta en un peligro o amenaza para la pérdida de la vida de los ocupantes y/o visitantes y del patrimonio cultural.

Ante la problemática planteada se formula el problema general, ¿Cuál es la técnica de reforzamiento estructural para controlar los esfuerzos y deformaciones de la

casona colonial del centro histórico de Cusco?, como también se plantea cuatro problemas específicos, primero ¿Cuál es la estimación del Peligro Sísmico de la zona que enmarca el Centro Histórico del Cusco?, segundo ¿Cuáles son los registros de los daños estructurales que presenta los muros portantes de la Casona Colonial del Centro Histórico del Cusco?, tercero ¿Cuáles son las propiedades física-mecánicas del adobe que tiene la Casona Colonial del Centro Histórico del Cusco? Y cuarto ¿Cuáles son las estimaciones de las deformaciones y esfuerzos de los elementos estructurales de la Casona Colonial en estudio ante cargas estáticas y sísmicas?

La investigación presenta una justificación tecnológica, ya que brindará un mayor conocimiento e innovación de nuevas técnicas de reforzamientos estructurales, ya que son escasas estas tipo de investigaciones como son en los inmuebles históricos como las casonas coloniales. Asimismo, presenta una justificación social, ya que con esta tesis se pretende minimizar las amenazas y peligros que se convierte estos inmuebles ante un evento sísmico, tratando de salvaguardar la pérdida irreparable de vidas humanas y de los valores intrínsecos del inmueble como son, la arquitectura, la historia, el arte, la economía, la ingeniería, su simbología en el desarrollo histórico de nuestra ciudad y de esta manera también estamos preservando el centro histórico de Cusco. Por otro lado, se justifica económicamente, ya que se trata de centros históricos lo cual son la atracción principal en las visitas turísticas y son un ingreso directo e indirecto para la población.

Se cuenta con la hipótesis general, la técnica de reforzamiento estructural es capaz de proporcionar mayor resistencia y rigidez ante cargas de servicio y sísmicas a la casona colonial del centro histórico del Cusco, y así mismo contamos con cuatro hipótesis específicos, primero: Las estimaciones dadas mediante los métodos probabilístico y determinístico son mayores con respecto a las Normas E.30 (diseño sismorresistente) y E.0.80 (diseño y construcción de tierra) para el peligro sísmico que enmarca en centro histórico de Cusco, segundo: Los tipos de daños estructurales que presenta la casona colonial son relevante para modelamiento numérico, tercero: Determinar las propiedades físico – mecánicas del adobe se hacen el uso de cuadros correlativos y cuarto: Cumplimiento de los parámetros

establecidos en la norma E.0.30 (diseño sismorresistente) de las deformaciones por distorsión y de los esfuerzos a compresión y tracción de la casona colonial ante cargas estáticas.

En relación a los objetivos, resulta imprescindible mencionar que la presente tesis tiene como objetivo general propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial de la calle San Vicente del centro histórico de Cusco, y cuatro objetivos específicos. El primero, realizar el análisis del peligro sísmico de la zona que enmarca el centro histórico del Cusco. El segundo, determinar el daño estructural existente en los muros portantes de la casona colonial del Centro históricos del Cusco. El tercero, determinar las propiedades físico- mecánicas de los materiales de la casona colonial del centro histórico del Cusco. Y el cuarto, estimar los esfuerzos y deformaciones bajo cargas estáticas y sísmicas de los elementos estructurales de la casona colonial del centro histórico del Cusco en su estado actual y con la técnica de reforzamiento propuesto.

II. MARCO TEORICO

Según los antecedentes nacionales tenemos: (Pongo, 2014) señala en la tesis titulada “propuesta para determinar el reforzamiento de edificaciones existentes”, UNI – Perú, su objetivo principal fue determinar el grado y nivel de vulnerabilidad que presenta una edificación, existe diversos métodos tanto cualitativos y cuantitativos. Dada la singularidad de cada edificación, antes de comenzar con el análisis de vulnerabilidad propiamente, una de las principales actividades que se necesita para determinar el reforzamiento de una edificación existente es la investigación de su calidad y estado, desde su construcción hasta la actualidad, prestando especial atención a los mecanismos de daño más frecuentes que se dan en los edificios; factores que afectan su apariencia, acciones físicas, mecánicas, químicas, biológicas; por tanto en esta investigación se expone de forma somera el proceso de investigación de la estructura a evaluar entendiendo su importancia para los análisis siguientes. Para facilitar este análisis cuantitativo se construirá un modelo matemático tridimensional mediante la utilización de un programa de cómputo. Una vez determinado las zonas vulnerables se realizará un análisis sistemático para obtener un diseño de reforzamiento, el cual seguidamente será verificado utilizando el mismo modelo construido agregando el reforzamiento planteado.

Yhosimi Washington Esquivel Fernandez (2009) señala en su tesis titulada “Sistema de reforzamiento estructural en monumentos históricos de la Región de Cusco”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo general del desarrollo de esta tesis es la determinación de los sistemas de los refuerzos estructurales en monumentos históricos, el cual se realizó mediante la evaluación y registro de los tipos de reforzamientos estructurales existentes de la Región de Cusco como también el análisis de las propiedades físico mecánicas de los materiales usados en la iglesia de mark’jo ubicada en la provincia de Anta del Departamento de Cusco y la efectividad que tiene en la aplicación de los reforzamientos convencionales, también hace mención a las cartas de recomendación internacionales promulgadas por la ICOMOS-UNESCO para los tipos de intervenciones en la restauración y conservación. Dentro de sus conclusiones se tiene que los reforzamientos más utilizados son la de tipo viga collar de madera, las propiedades físico mecánicas de la mampostería de adobe son distintos a otros debió del uso in-situ del material

donde esta edificada el monumento, de acuerdo al análisis realizado para el modelamiento de la iglesia mark'jo se obtuvo que los muros ante un sismo de 0.2g no presentan fallas a compresión debido a que los esfuerzos de corte son menores a 6.5kg/cm². Estas estructuras son vulnerables ante sismos severos ya que el reforzamiento estructural no rigidiza significativamente debido a la poca ductilidad y gran masa que presentan los muros robustos; se recomienda realizar un sistema de drenaje y subdrenaje considerando las aguas pluviales para las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial evitando la humedad en los elementos estructurales para que no se debiliten y colapsen por el paso del tiempo o ante un evento sísmico.

Roosevelt Euclides Mamani Quispe (2014) señala en la tesis titulada “Estudio comparativo del comportamiento estructural lineal y no lineal del monumento histórico “Templo de Miska”, para verificar los daños ocurridos por el sismo de Paruro (Cusco) en setiembre de 2014” de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. El objetivo general del estudio de tesis es la verificación lineal y no lineal del templo de Miska ubicado en la provincia de Paruro, departamento de Cusco, siendo comparado posteriormente con los daños producidos por el sismo de 5.1ML el 27 de setiembre, siendo uno de los problemas principales cuando se realizan una restauración es la omisión de la parte ingenieril el cual fue demostrado una vez más la ausencia de reforzamiento estructurales en este tipo de proyectos. Para las propiedades físicas-mecánicas de la mampostería de adobe y piedra se obtuvieron mediante ensayos en laboratorio realizadas en la misma escuela de ingeniería civil como también el levantamiento de la configuración geométrica en campo para posteriormente ser utilizados en el modelamiento y calibración con el programa de cómputo sap2000, el cual se utilizó los elementos tipo Shell. El análisis estructural se realizó mediante la metodología de incremento de aceleraciones (demanda sísmica) por lo que a partir de los acelerogramas registrados por 03 estaciones (tambomachay (IGP), compañía de Jesús (Ruben Boroscheck y Asociados) y estación CIP Cusco – UNSAAC siendo ubicadas aproximadamente a 35km hasta el poblado de Miska tuvo ciertas atenuaciones debido a la distancia que se encontraban por ello se utilizaron las fórmulas de Saragoni y Casaverde determinando una aceleración probable de 121.81 cm/s² con la que vibro el suelo en Miska; de acuerdo a VISION 2000 categoriza los sismos en muy frecuente 0.10g,

frecuente 0.15g, Ocasional 0.20g, Raro 0.30g, y muy raros como 0.37g, de acuerdo al análisis no lineal se obtuvo que la iglesia Miska se encontraba en un nivel de desempeño estructural pésimo es decir se encuentra dos niveles por debajo de una edificación común; según el cuadro presentado en FEMA el inmueble presenta un nivel de supervivencia para un sismo frecuente, para un sismo ocasional se encuentra cerca del colapso y para un sismo raro este colapso, por lo tanto el templo de Miska, con la propuestas de reforzamiento se pudo elevar el desempeño en dos niveles dejando a la estructura en un rango operacional.

De igual forma contamos con antecedentes internacionales: Edgar Fernando López Hernández (2013) señala en su tesis titulada “Recomendaciones generales para la consolidación sismo-resistente de edificaciones coloniales en la antigua Guatemala,” (Guatemala, febrero de 2013 USCG). Esta investigación presenta un análisis cualitativo de las edificaciones monumentales de Antigua Guatemala construidas en la época colonial, las cuales han sido afectadas a lo largo de los años por los acontecimientos sísmicos en esta región. Incluye la información de algunos precedentes de diseño de elementos estructurales, influencia de sismos y tipos de falla, así como también intervenciones básicas necesarias para la consolidación de edificaciones históricas, contenido que fue obtenido del documento bibliográfico *Ingeniería estructural de los edificios históricos* del autor Roberto Meli que fue proporcionado por la Universidad Autónoma de México (UNAM). La parte final, se refiere a los aspectos generales que se sugiere tomar en cuenta antes de realizar un proceso de intervención o restauración como también los tipos de intervención básicos que se deben llevar a cabo para la conservación de monumentos de la época colonial, una de sus conclusiones dice en las edificaciones históricas o monumentos es imposible alcanzar condiciones sismo-resistentes óptimas mediante intervenciones, debido a que el sistema constructivo de la época colonial se considera opuesto a un sistema constructivo sismo-resistente contemporáneo, por lo que únicamente se pueden aplicar técnicas para mejorar las características estructurales y la aproximación de condiciones de sismo-resistencia de las edificaciones.

Clara Milena Pico Rodríguez, Candy Katherine Ruiz Tulande (2018) señalan en la tesis titulada “Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en

edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.C.” de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C. Este estudio tuvo como objetivo general revisar el estado del arte de las construcciones de patrimonio cultural en Bogotá D.C., comparando ventajas de los diferentes tipos de reforzamiento estructural. Y específicamente identificar los diferentes sistemas constructivos utilizados en edificaciones patrimoniales. Las principales metodologías de reforzamiento identificadas para construcciones de adobe y tapial son: el reforzamiento con madera, el reforzamiento con pañete estructural, reforzamiento con dispositivos metálicos y vigas de coronación; la implementación de estos sistemas dependerá del criterio del ingeniero estructural responsable, igualmente se puede utilizar mecanismos de reforzamiento diferentes a los enunciados, dado que no se cuenta con la especificación y estandarización normativa para reforzar estructuras de patrimonio cultural. Es necesaria la implementación de ensayos de laboratorio que permitan visualizar el comportamiento real de las estructuras y así determinar la funcionalidad y eficiencia de las metodologías de reforzamiento por medio de especímenes o modelos a escala real, ya que estos validan los sistemas de reforzamiento estructural, para su posterior aplicabilidad. Sin embargo, para efectuar ensayos de laboratorio se requiere disponer de recursos económicos elevados, limitando así el desarrollo investigativo en nuevas metodologías. En las investigaciones desarrolladas previamente por otros investigadores, es importante destacar que, al utilizar las diferentes metodologías de reforzamiento, se cumple con el propósito de mejorar el comportamiento sísmico de las estructuras, al mantener la integridad de la edificación y salvaguardar la vida de los ocupantes. Para llevar a cabo cualquier intervención de un edificio patrimonial, se deben conocer las características y el comportamiento de los materiales a través de ensayos de laboratorio efectuados en cada edificación, en especial en construcciones de adobe y tapial pisada, en vista de que son construcciones con materiales provenientes de suelos aledaños, por esta razón presentan características heterogéneas.

BASES TEÓRICAS.

Comportamiento sísmico de edificios de adobe históricos.

A mediados del siglo XX aparece las primeras normas y reglamentos de diseño, mientras tanto los sistemas constructivos en tierra se realizaban a partir de conocimientos empíricos, que consistía en construcciones con mampostería de adobe robustos (muros de carga) para resistir esfuerzos gravitacionales (peso propio, entrepiso, cubiertas y otros) y de servicio (carga viva) para la estabilidad de la edificación, sin embargo, no consideraban los efectos producidos por los sismos. (Juan C. Rivera Torres, Edgar E. Muñoz Díaz).

Las edificaciones de adobe según su tipología constructiva, materiales utilizados y la configuración geométrica, los convierte en un prototipo único de construcción (E. Leroy Tolles, 2005) de los cuales los daños a considerar ante un movimiento telúrico se encuentran en función:

Del lugar o sitio de ubicación la severidad del movimiento del suelo la existencia y eficacia de las medidas de adaptación sísmica.

De las condiciones de la edificación estado del edificio en el momento del terremoto (Frederick A. Webster, 1996) si los muros de adobe se encontraban fisurados anteriormente por un evento sísmico

Conexión del sistema del techo y/o entrepiso o entre los muros, si los muros son portantes o no, La condición de la base del muro la carga del techo, siendo directamente proporcional a la fuerza de inercia. Situación de conservación que se encuentra el muro (Davila, 2003)

De la Geometría: La distancia entre los muros transversales; la esbeltez del muro considerado la relación (altura / grosor) del muro (SL) el cual se definen con los siguientes términos muro grueso: $SL < 6$ muro moderado: $SL = 6 - 8$ muro delgado: $SL > 8$ (E. Leroy Tolles, 2005)

Esta relación de esbeltez es muy importante por la razón de que el muro grueso con respecto a los muros delgados tendrá mejor comportamiento balaceándose sin colapsar y permanecer estable ante fuerzas externas. (Claudia Cancino, 2014)

Del Material construido: Como es el mortero siendo casi siempre más débil que los bloques, esto debido en el proceso de construcción de la mampostería que en

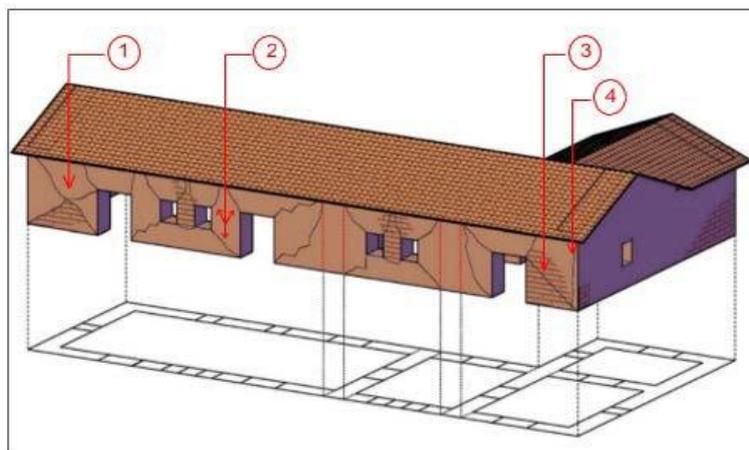
general el secado es más rápido conllevando a una mayor retracción y agrietamiento del mismo (E. Leroy Tolles, 2005).

Con respecto a la mampostería de adobe no reforzado tendrá un comportamiento de muy baja ductilidad, una resistencia a compresión baja y una resistencia a tracción casi nula. (Torrealva Dávila, 2009), considerando también la calidad de mano de obra en la construcción.

Daños típicos en construcciones históricas de adobe “casonas coloniales”

Las edificaciones afectadas, según (Vargas Neumann, Iwaki, & Blondet, 2009) empeora su estabilidad estructural global que debilito el anterior evento sísmico al no recibir ningún tipo de intervención o mantenimiento, en este proceso de ocurrencia sísmica periódica, se generan agrietamientos o fisuras que se van prologando y multiplicando en los elementos estructurales como la discretización de los muros en secciones más pequeños (Mario P. Moran Proaño, 2017) o pedazos cada vez más numerosos y la estructura deja de ser continuo (monolítico). En las siguientes figuras se observa los tipos de daños típicos de las construcciones históricas de adobe “casonas coloniales.”

Figura N° 01: Tipos de daños típicos en construcciones históricas de Adobe



Fuente: GSAP (E. Leroy Tolles, Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe , 2005)

Elaboración: propia

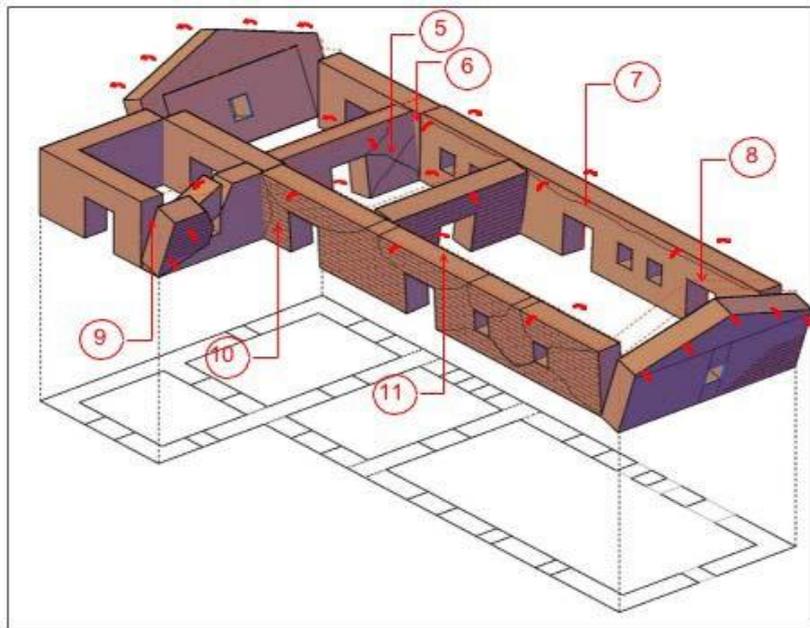
Grietas en aspa en las esquinas (1).

Grietas en los vanos “ventanas y puertas (2).

Grietas diagonales en esquinas (3).

Grieta vertical en esquina (4).

Figura N° 02: Tipos de daños típicos en construcciones históricas de Adobe



Fuente: GSAP (E. Leroy Tolles, Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe , 2005)

Elaboración: propia

Grietas por corte en forma de “X” en el plano (5)

Separación entre las intersecciones (6)

Grietas horizontales en la parte superior de los muros (7).

Colapso en muro de tímpano (8).

Inestabilidad en sección local (9).

Daños en la intersección de muros perpendiculares (10).

Balanceo fuera del plano de muros portantes (11).

Caracterización de los daños por sismos

El daño producido por los sismos en los inmuebles se debe a diferentes factores destacando entre ellos los siguientes 1) la magnitud del sismo, 2) las características geotécnicas y geológicas de la zona donde se encuentra la edificación, 3) la calidad de los materiales y 4) la mano de obra. Combinando todos estos factores y la incertidumbre implícita del evento del fenómeno genera un amplio espectro de posibles escenarios de daños.

Daños producidos por los Sismos.

Los comportamientos históricos de las edificaciones de adobe ante los terremotos de alguna manera son importantes para la ciencia para un estudio ingenieril ya que se puede evaluar los daños producidos en ellos, mediante el uso de programas de cómputo se puede hacer simulaciones de las edificaciones y de los sismos y analizar las zonas vulnerables dependiendo bastante de la base de datos recolectados para poder acercarse más a la realidad.

En estos estudios realizados se pudo ver que en algunos casos esta edificaciones se comportaron de manera excelente manteniéndose en pie y en otros muy malos (colapsaron), debido a esta respuesta sísmica muy variado, se debe a los factores de la capacidad - demanda, teniendo en cuenta que los sismos producen fuerzas inerciales generando esfuerzos y desplazamientos de la estructura, para poder cuantificar estos valores se hace a través de la relación Fuerza Resistente/ Fuerza Actuante = Factor capacidad – demanda (Blondet et al, 1989),...“de acuerdo a esta relación si el valor obtenido es menor que uno el muro no soportara la sollicitación, caso contrario sucederá cuando sea mayor, el cual se considerara una estructura estable y se podrán ser reparado sus daños”. (Lourdes Gutiérrez, 2003), podremos determinar de esta manera que aunque el muro de adobe robusto pierda por completo su resistencia a tracción y este agrietado, pero mantienen su verticalidad, soportara las cargas gravitacionales, presentando de por sí, estabilidad y gran potencial de absorción de energía, (E. Leroy Tolles, Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe , 2005), y al “brindarle una mayor resistencia contra fuerzas horizontales y ductilidad (capacidad de deformación)”. (Minke, 2001), mediante una técnica de reforzamiento estructural adecuado podremos garantizar un mejor desempeño sísmico, por lo tanto, se podrá mitigar el riesgo al que se encuentran expuestas.

Daños causados por las Fuerzas perpendiculares al plano del Muro.

El colapso de Tímpanos

Descripción Modo de fallo:

Los tímpanos son altamente susceptibles al colapso debido a la continuación de los muros laterales sobre el cual se ubicará el techo a dos aguas para la evacuación de aguas pluviales, estos tímpanos tienen una relación de esbeltez

(altura-grosor) alto, de cual no son capaces de soportar cargas verticales del techo muy pesados, al no encontrarse bien conectados con resto del edificio el cual van apareciendo grietas severas entre la parte superior del muro con parte inferior de la estructura del techo.

Figura N° 03: Grieta vertical por efecto del tímpano



Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Grietas Verticales en las Esquinas y volteo del muro fuera del plano.

Descripción Modo de Fallo:

La mayoría de las edificaciones presenta una mampostería de adobe perpendiculares entre sí, según este considerada la configuración geométrica, un techo flexible (no hay arriostre lateral en los muros) teniendo un comportamiento independiente entre ellos, el cual producirá concentraciones de esfuerzos a tracción en la parte superior de las esquinas, produciendo uno de los primeros tipos de grietas en estas construcciones.

Figura N°04: Grieta en la esquina del muro exterior prolongada de arriba hacia abajo también llamado grieta por desgarre.



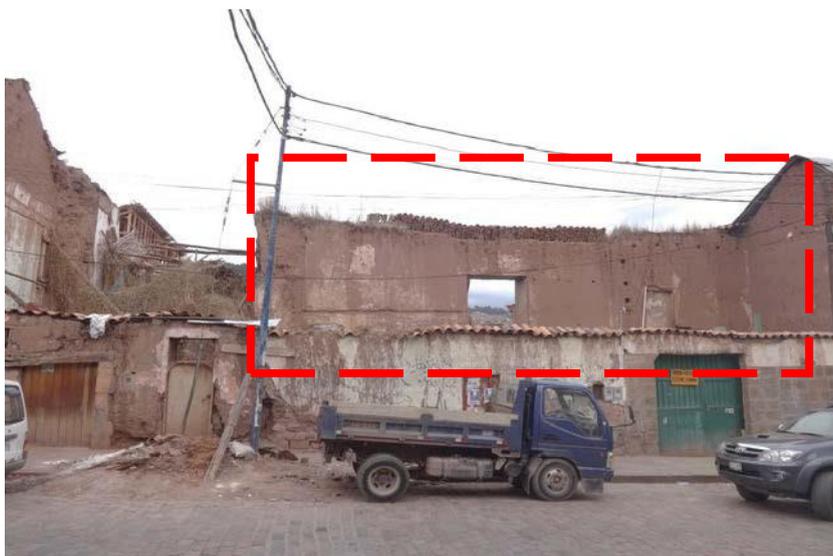
Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Grietas por flexión fuera del plano.

Descripción Modo de Fallo:

Generalmente no se presentan en las casas coloniales ya que la relación de esbeltez es pequeña, pero si el inmueble pierde la parte de la cobertura y la relación de esbeltez es alto presentándose en muros libres como se puede observar en la figura se generan las grietas comúnmente cerca de la base debido a la flexión fuera del plano, balanceándose como un sólido rígido conllevando al colapso de la misma.

Figura N°05: Grietas por flexión fuera del plano.



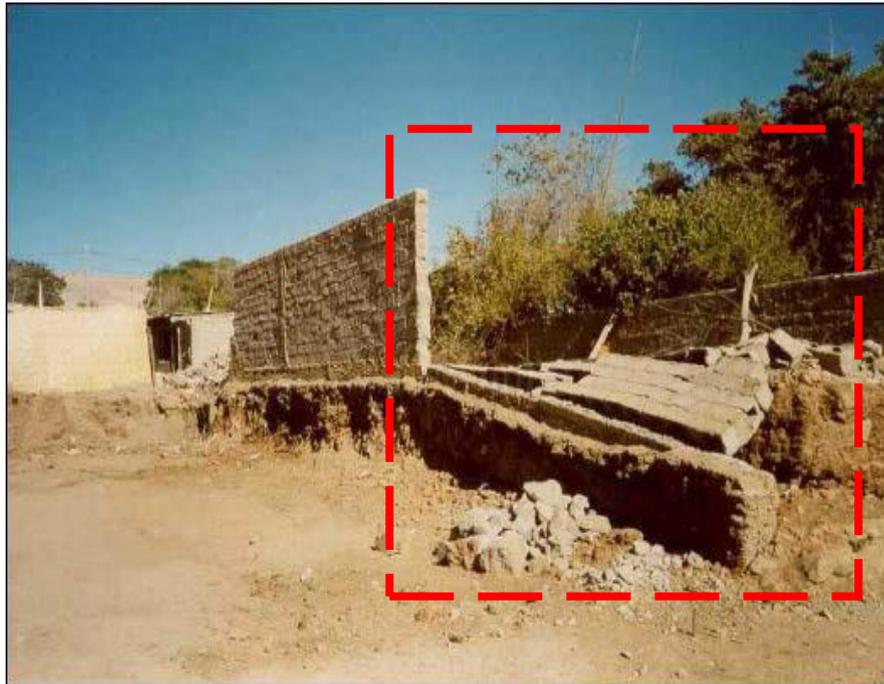
Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Grieta horizontal por flexión fuera del plano a media altura del muro.

Descripción Modo de Fallo:

Rara vez se presenta en las casonas coloniales debido a la relación altura/grosor bajo, que presentan los muros, sin embargo, pueden generarse a media altura del muro por falta de confinamiento en la parte superior que le brinda la presencia de una viga collar o el sistema de cobertura.

Figura N° 06: grieta por flexión fuera del plano.



Fuente: (Davila, 2003), LIMA.

Daños Causados por fuerzas Cortantes en el Plano del Muro.

Grietas diagonales por fuerzas cortantes en el plano del muro

Descripción Modo de Fallo:

Las grietas diagonales se presentan debido a las fuerzas cortantes que se producen en el plano del muro que va estar controlado por la existencia de algún tipo de amarre en el techo o el mismo grosor del muro, estos movimientos cíclicos del sismo que van en la dirección del plano del muro produce los agrietamientos en forma de "X" lo cual son generados por las fuerzas de tracción con un ángulo de 45° aproximadamente con respecto a la horizontal dejando al muro dividido, esta energía se disipa por los agrietamientos por fricción a causa del peso propio y la fuerza horizontal del movimiento telúrico.

Figura N° 07: Grietas diagonales por fuerzas cortantes en el plano del muro



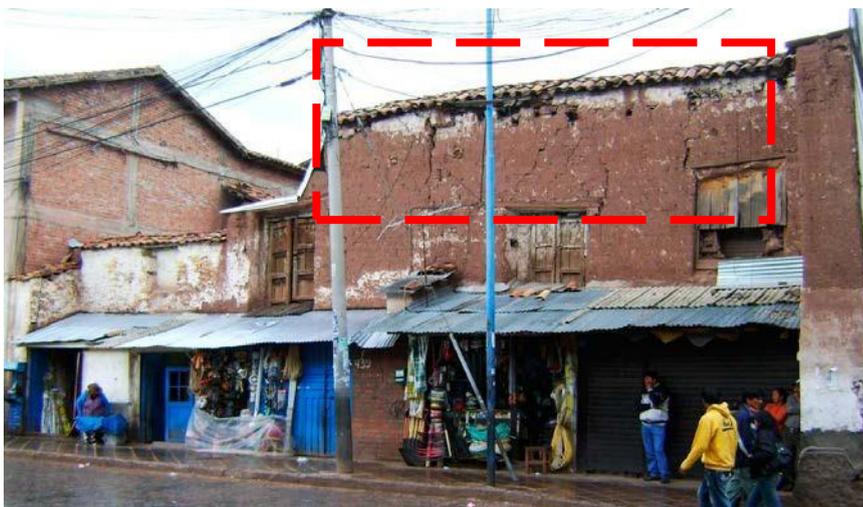
Fuente: (Davila, 2003), LIMA.

Grietas cerca de los vanos.

Descripción Modo de fallo:

Se generan debido a la concentración de los esfuerzos cortantes y la incompatibilidad física (propiedades mecánicas) entre el adobe y los dinteles de madera, estas grietas se van prolongando en las esquinas de los vanos en forma diagonal o vertical hasta alcanzar la parte inferior y/o superior del muro siendo en algunos casos más graves la desfragmentación del mismo y presentar un riesgo para la seguridad.

Figura N° 08: Grietas cerca de los vanos



Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Daños en las intersecciones de muros ortogonales.

Descripción Modo de fallo:

Son grietas que se generan en la parte superior extendiéndose en forma inclinada o vertical hacia la parte inferior del muro, debido a la combinación de esfuerzos cortantes entre la intersección de los muros perpendiculares producidas por el sismo y el peso del techo o daños que estén asociados a ello, quedan desfragmentados y aislados, comportándose como un muro libre del cual aumenta la posibilidad de volteo o colapso.

Figura N° 09: Daños en las intersecciones de muros ortogonales



Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Efecto de las condiciones preexistentes

Daños causados por su muro fuera de su plomo

Cuando un muro pierde la verticalidad de acuerdo al cuadro que se muestra es más propenso a voltearse si se encuentra la parte inferior humedecida o agrietada, en tal caso se tiene que juntar firmemente a otros elementos estructurales como muros perpendiculares de la construcción o a estructuras provisionales como los apuntalamientos hasta llevarlo a una verticalidad aceptable.

Desplomes aceptables y máximos

Tabla N° 01: Valores aceptables y máximos.

Ancho de muro	Desplome aceptable	Desplome máximo para reparar
30cm	3cm	6cm
40cm	4cm	8cm
50cm	5cm	10cm

Fuente: (Davila, 2003, pág. 17)

Foto N° 10: efecto de las condiciones preexistentes.



Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco.

Daños por influencia de techo

Cuando se tiene un techo pesado que mayormente se encuentra en las casonas coloniales causan empujes horizontales en la parte superior de los muros y esto ocurre cuando la armadura tipo tijeral se encuentren dañados por filtración de la lluvia o están mal contruidos.

Figura N° 11: daños presentados en techo



Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Figura N° 12: daños por influencia de techo



Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Daños por humedad

Se presenta cuando hay una inadecuada protección de los muros contra la lluvia, presencia de humedad en el suelo, la cimentación es inadecuada o no hay presencia total de ella, como también instalación de agua defectuosas empotradas en los muros de adobe se produce la erosión y debido a las cargas verticales que soportan, hacen que los muros se hinchen transversalmente perdiendo su resistencia a compresión y al corte, llegando a producirse el colapso.

Figura n 13: Erosión en los muros por humedad.

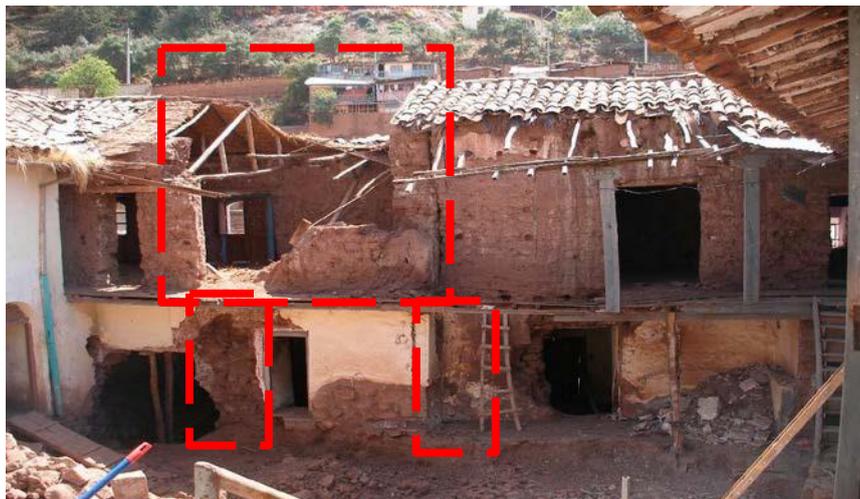


Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Grietas pre existentes

Son la aparición de grietas o fisuras producidas por un evento sísmico anterior, también por asentamiento de las cimentaciones o por deformación de la mampostería de adobe aumentando la susceptibilidad de daño del inmueble. Estos daños dependen de las aceleraciones máximas horizontales que presentan cada movimiento telúrico como se ve en el cuadro.

Figura N° 14: Grietas pre existente



Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Tabla N° 02: valores de aceleración máxima del suelo

Daños	Aceleración máxima del suelo (PGA), gals.
Severo	0.4
Moderado	0.2

Fuente: (E. Leroy Tolles, Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe , 2005)

Concepto general de sismicidad.

Peligro Sísmico:

El peligro sísmico se caracteriza comúnmente por alguna intensidad de movimiento del suelo (por ejemplo, a través de intensidad sísmica podemos obtener las aceleraciones espectrales) del cual tendrá una probabilidad particular de ser excedido en el sitio de interés dentro de un cierto período de tiempo [Scherbaum 2008]. (Tarque, 2008)

El peligro sísmico se puede calcular mediante 2 métodos, el método determinístico el cual considera el mayor terremoto o algunos más relevantes que pueda ocurrir en el sitio de interés, y el método probabilístico el cual asume todos los terremotos que afecta la zona de interés junto con sus probabilidades de ser superado.

Comparación Método
 Determinístico y Probabilístico

Tabla N° 03: método determinístico / probabilístico

Método Determinístico – DSHA	Método Probabilístico – PSHA
Asume un solo escenario	Asume muchos escenarios
Selecciona una sola magnitud para cada fuente sísmica	Considera todas las magnitudes asociadas con todas las fuentes sísmicas
Selecciona la distancia más corta entre la fuente y el sitio	Considera todas las distancias posibles entre la fuente y el sitio
Asume solamente los efectos debidos a la magnitud y la distancia	Considera los efectos de todos los parámetros

Fuente: Elaboración propia

Fuente Sismogénicas:

La fuente sismogénica son los sismos con las mismas características que se puede obtener según la (Hemando Tavera, 2014) de una línea, área o volumen geográfico que presenta similitudes geológicas, geofísicas y sísmicas, a tal punto que puede asegurarse que su potencial sísmico es homogéneo en toda la fuente, es decir, que los procesos de generación y recurrencia de sismos es espacial y temporalmente homogéneo. (p. 19). Los estudios realizados para poder determinar las fuentes sismogénicas en el Perú se realizaron en las siguientes tesis de investigación, siendo cada uno de estos proyectos resultados de información de los procedimientos disponibles a la fecha de su realización, teniendo entre los más relevantes los siguientes:

Tabla N°04: Referencias para los datos sismogénicas.

AUTOR	ANO	Propuestas
Aiquel	1990	Para la zona Sur del Perú
Bonilla y Ruiz	1992	Para la zona Norte del Perú
Castillo y Alva	1993	Para la zona Central del Perú
Monroy y Bolaños	2004	Modificación de 3 fuentes de la zona central del Perú de la propuesta de Castillo y Alva
Gamarra y Aguilar	2009	De 20 fuentes para el Perú
Tavera - IGP	2014	De 33 fuentes para el Perú
Roncal y Aguilar	2017	De 29 fuentes para el Perú

Fuente: elaboración propia

Parámetros Sismológicos

Para la determinación de los parámetros sismológicos se tiene que conocer la recurrencia sísmica el cual representa el número de eventos mayores o iguales a alguna magnitud dentro de cada fuente, siendo la ley de Gutenberg y Richter, 1954, $\text{Log } N_m = a - bM$, el cual esta descripta por la pendiente (b). Esta relación nos permite “conocer la tasa media anual de actividad sísmica (N), la magnitud mínima (M_{mín}) y máxima (M_{max})” (RE-EVALUACIÓN DEL PELIGRO SÍSMICO PROBABILÍSTICO PARA EL PERÚ, 2014, p. 24). Obteniendo de esta manera los tamaños de los eventos sísmicos y características propias que puede generar cada fuente, el cual nos permite estimar los parámetros sismológicos.

Relación de atenuación (modelos de movimientos de tierra)

La descripción de la disminución del movimiento del suelo con relación a la distancia y la magnitud del evento sísmico, están relacionadas con las leyes de atenuación que son desarrolladas mediante análisis de regresión en base a datos registrados, cabe aclarar que a medida que la base de datos incrementa esta relación de atenuación cambian. (Kramer, 1996)

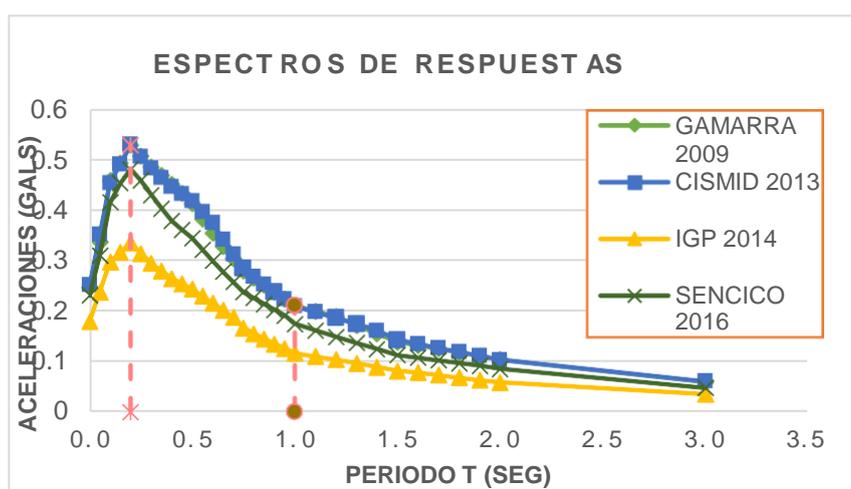
Según: (Bolaños y Monroy, 2004, y Alva y Escalaya, 2005), aconsejan, como una simplificación, utilizar la ley de atenuación de Youngs (1997) debido a los criterios de selección que se ajustan a los terremotos que representa la placa de subducción y, la ley de Sadigh (1997) que puede representar los eventos continentales o corticales, ambas leyes de atenuación utilizadas como ecuaciones de predicción del movimiento del suelo para el Perú.

Análisis sísmico para el Centro Histórico de Cusco.

Análisis Probabilístico de Peligro Sísmico para la ciudad de Cusco

Los siguientes resultados obtenidos con el método PSHA y el programa de cómputo R-CRISIS V18.4. muestra diferentes espectros, presentando la distribución de ordenadas espectrales para Cusco.

Figura 15: Espectros de respuestas de aceleración de diferentes investigaciones, para Cusco



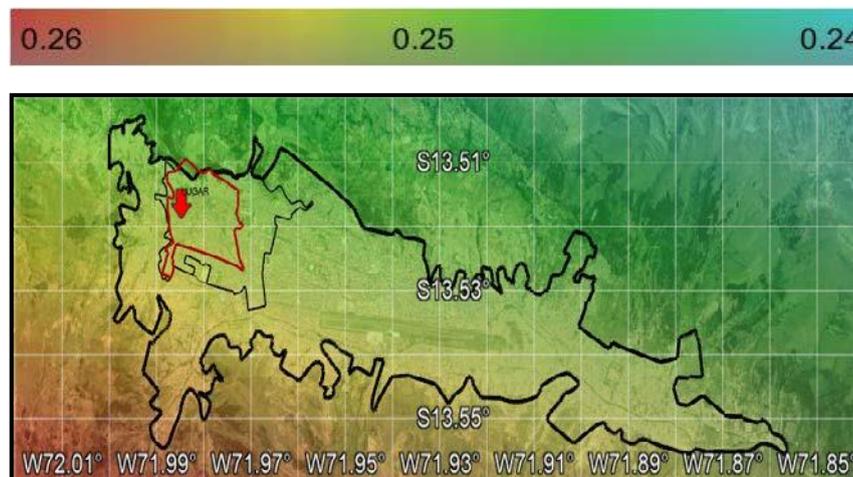
Fuente: Gamarra 2009, Cismid 2013, IGP 2014, Roncal y Aguilar (Sencico 2016)

Tabla N° 05: Cuadro de aceleraciones máximas (gals) para un suelo tipo B (roca dura) de acuerdo IBC 2015, para un Periodo de retorno de 475 años.

Periodo T (seg)	Coordenadas Geográficas: Longitud - 71.98, Latitud -13.51			
	Gamarra 2009	CISMID 2013	IGP 2014	SENCICO 2016
0.00	0.248	0.251	0.179	0.231
0.20	0.529	0.529	0.335	0.481
1.00	0.210	0.209	0.116	0.174

Fuente: elaboración propia.

Figura 16: Mapa de Peligro sísmico para Cusco, valores de aceleraciones máximas (gals) en T=0.00 según datos del cuadro de CISMID, para un periodo de retorno de 475 años.



Fuente: Elaboración propia

Análisis de Peligro Sísmico Determinístico

Para el área del proyecto se debe desarrollar un escenario sísmico específico mediante el análisis determinístico, el cual es encontrar la menor distancia entre zona de interés y la fuente para poder determinar un evento sísmico, que nos permitirá estimar el movimiento telúrico más desfavorable para el inmueble, por lo tanto con esta metodología no se podrá presentar información de la probabilidad

de ocurrencia tanto del evento seleccionado como del lugar asumido, ni la vida útil de la estructura y las incertidumbres para el cálculo del nivel del movimiento sísmico esperado.

Mediante la ruptura de falla superficiales podremos estimar la magnitud de los sismos superficiales o continentales a la zona de estudio, debido a las características y cercanía a la zona de interés se consideró la falla de Tambomachay, que es una falla tipo normal, tiene una longitud de 20 km aproximadamente, con una distancia hipocentral 10 km, y se encuentra a 3 km aproximadamente del centro histórico de la ciudad de Cusco, utilizando la expresión de Slemmons (1982) el cual se expresa como:

$$M_s = 0.809 + 1.341 \cdot \log(L)$$

Donde:

M_s = Magnitud expresada en ondas superficiales.

L = longitud de ruptura en metros.

Para la determinación de las aceleraciones máximas horizontales estimados en diferentes zonas de interés, se utiliza la ley de atenuación propuesta por Patwardhan (1978), que está dada por:

$$a = 224 \cdot e^{0.823 \cdot M_s} (R+C)^{-1.56}$$

donde:

M_s = Magnitud expresada en ondas superficiales

R = Distancia hipocentral en km

$$C = 0.864 e^{0.46 \cdot M_s}$$

Para el sismo máximo se debe considerar las aceleraciones máximas horizontales para la zona de interés considerando la actividad sísmica producida por la falla – Método Determinístico.

Tabla N° 06: Análisis de peligro sísmico determinístico

Fuente	Tipo	Distan cia (km)	Magnitu d Ms	a_{max} (g)
FALLA DE TAMBOMA CHAY	NORMAL	20	6.58	0.28

Fuente: Elaboración propia

Se estima mayormente que estos movimientos son violentos y de corta duración. La posibilidad principal de peligro de este evento sísmico producirá cierto efecto de ruptura superficial y en caso que se encuentre alineado sobre la falla el inmueble le ocasionará algún daño.

Casonas coloniales en el Cusco

Los establecimientos urbanos en la época incaica se encontraban formados por una tipología de sistemas de manzanas o canchas casi cuadrangulares divididas por unas vías estrechas, estas manzanas a su vez estaban conformados por 4 construcciones de un nivel rectangulares con patios pequeños que rodeaban o cercaban a un patio central. (Calvo)

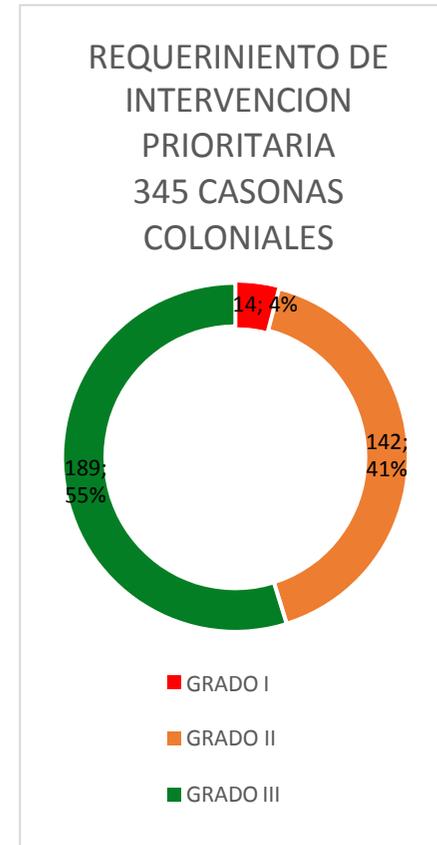
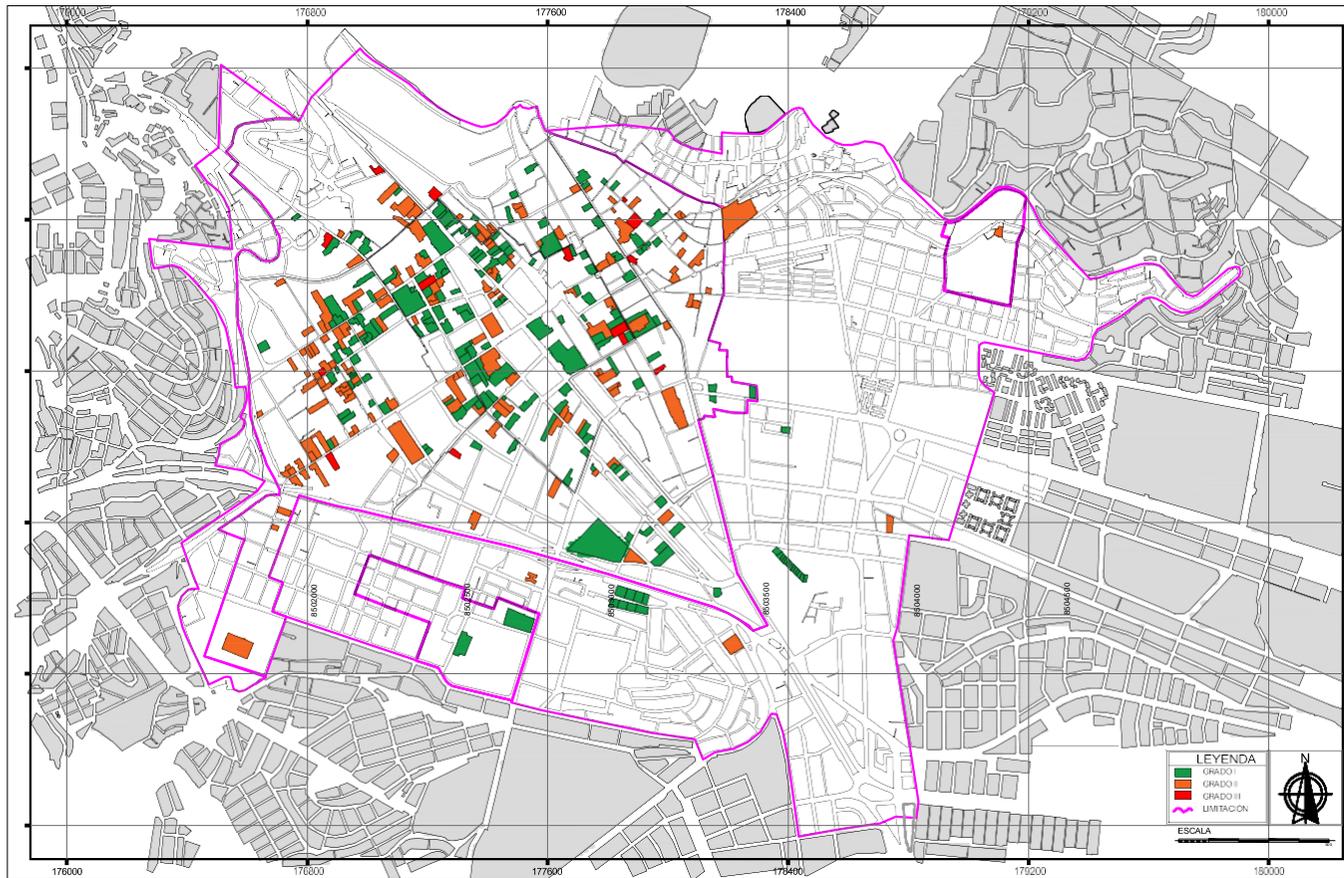
Con la llegada de los españoles donde se dio el reparto de los solares en 1534 y la reocupación posterior de los segundos conquistadores en 1550, donde realizaron una transformación física del lugar causando el mayor daño a la estructura urbana Inca, del cual todos estos andenes fueron ocupados en forma progresiva por las edificaciones (casonas coloniales) con el objeto de conformar la clásica cuadra española de 100 varas de longitud o su magnitud más próxima, quedando una composición volumétrica de las manzanas continua que se integraba al paisaje circundante, dejando en gran parte de su totalidad la morfología adoptada de la época colonial.

En la actualidad varias casonas coloniales se encuentran debilitadas y dañadas estructuralmente motivo por el cual en algunos casos colapsaron por falta de mantenimiento y de los agentes externos como son precipitaciones pluviales y por

los agrietamientos de los eventos sísmico anteriores, siendo reemplazados la mayoría por inmuebles de concreto armado superando en algunos casos los dos niveles, alterando significativamente la volumetría de la manzana.

En las siguientes figuras se muestra la Evaluación de Inmuebles que Requieren Intervención Prioritaria del Centro Histórico de Cusco

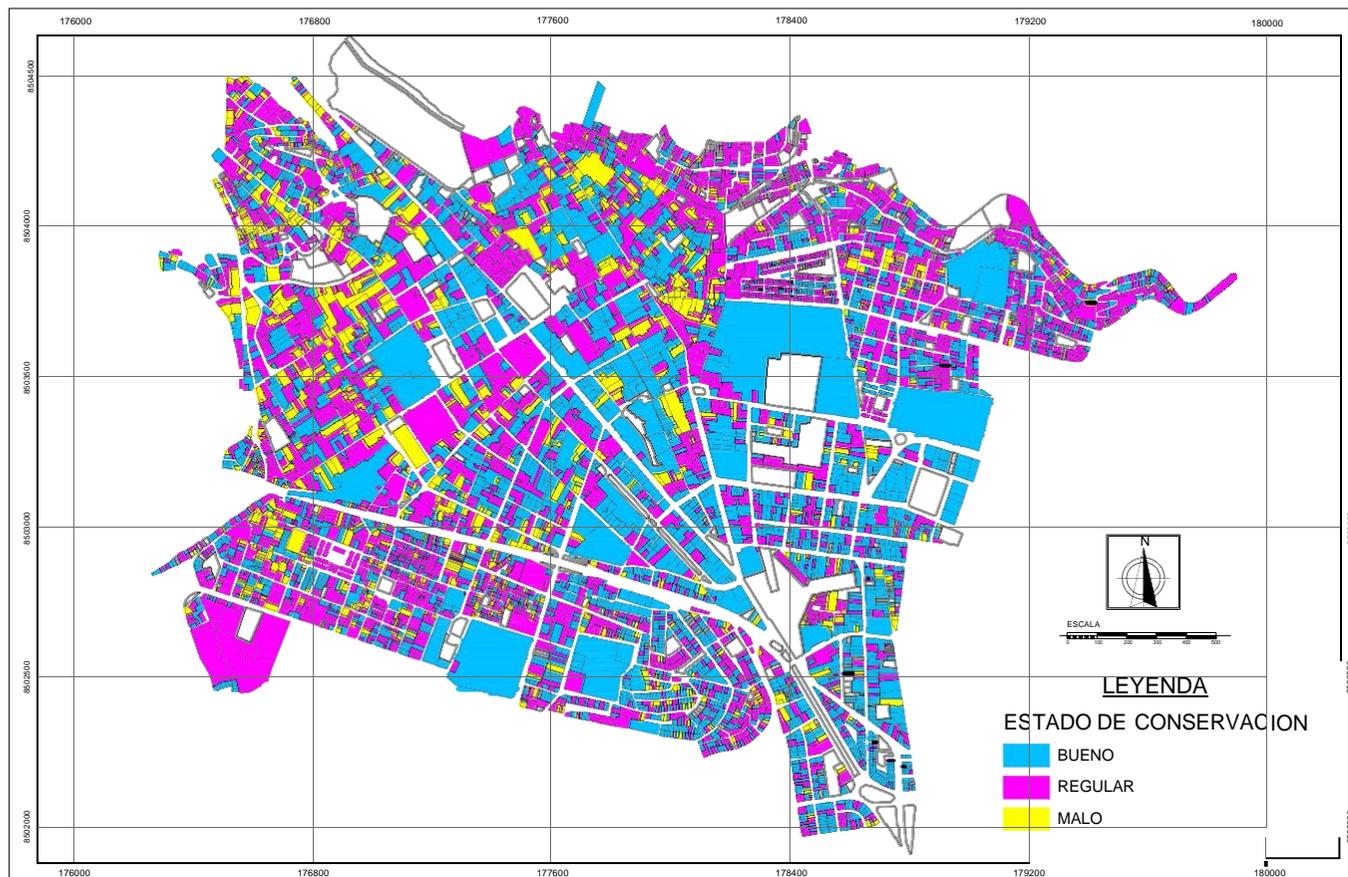
Figura N° 17: Evaluación Inmuebles que Requieren Intervención Prioritaria del Centro Histórico del Cusco



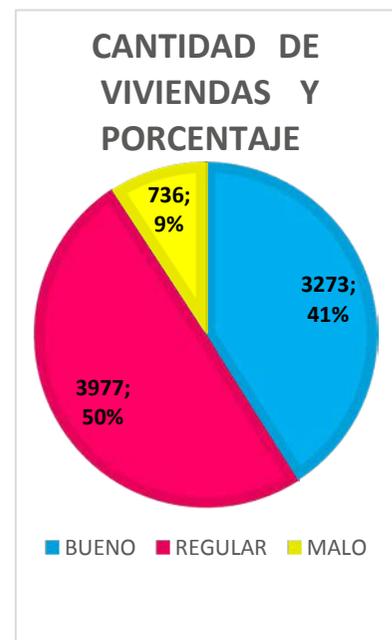
Fuente: Municipalidad Provincial del Cusco

Elaboración: Propia

Figura N° 18: PLANO DE ESTADO DE CONSERVACION DE TODOS LOS INMUEBLES CONFORMANTES DEL CENTRO HISTORICO DEL CUSCO (AE-I) Y EL AREA DE AMORTIGUAMIENTO (AE-II)



ESTADO DE CONSERVACION



Fuente: Municipalidad Provincial del Cusco.

Elaboración: Propia

Tabla N ° 07: Catalogación de Inmuebles del Centro Histórico del Cusco

CATEGORIA	BARRIO							CATALOGACIÓN 2009-2012
	NUCLEO	SAN CRISTOBAL	SANTO DOMINGO	SAN BLAS	SANTA ANA	SAN PEDRO	PRADO-PUMACCH J PAN	
(PM-I) Inmuebles declarados Patrimonio Monumental	53	12	8	8	3	13	1	98
(PI-II) Inmuebles con Valor Patrimonial Individual	96	32	19	40	11	96	19	313
(VC-III) Inmuebles con Valor Comercial	115	48	41	98	36	97	50	485
(EP-IV) Inmuebles con algún Elemento Artístico y/o Patrimonial	24	93	37	101	57	92	28	432
(SV-V) Inmuebles sin Valor Especifico o sin construir	48	20	27	53	205	157	390	900
(ANC) Inmuebles catalogados	33	21	20	50	51	66	38	279
TOTAL	369	226	152	350	363	521	526	2507

Fuente: Registro de catalogación de inmuebles 2009 – 2012

Principios básicos de Intervención e Restauración Estructural.

Patrimonios Culturales

Según Hayakawa Casas(2012) el patrimonio cultural está constituido por todo el conjunto de creaciones artísticas y tecnológicas, creencias, costumbres y tradiciones que definen y dan identidad a una determinada estructura social humana, y que la diferencian por tanto de otras. (pág. V).

Bienes Culturales

De acuerdo al Ministerio de vivienda (2006) son bienes culturales del Patrimonio Cultural de la Nación, los edificios, obras de infraestructura, ambientes y conjuntos monumentales, centros históricos y además construcciones o evidencias materiales resultantes de la vida y actividad humana urbanas y/o rurales, aunque estén constituidos por bienes de diversa antigüedad o destino y tenga valor arqueológico, arquitectónico, histórico, religioso, etnológico, artístico, antropológico, paleontológico, tradicional, científico y tecnológico, su entorno paisajístico y los sumergidos en espacios acuáticos del territorio nacional. (p. 320691)

Monumentos

Para Alois Riegl, el autor del “culto moderno a los monumentos”, el término “monumento” significa una obra construida con intención precisa de conservar para siempre presentes en la conciencia de la generación futura los eventos o hechos humanos particulares, o una combinación de los unos con los otros; para los cuales distinguen tres principales valores de memoria: el valor de la antigüedad, el valor histórico el valor conmemorativo. (Swieciochowski, 2009)

Asi también como lo que indica el Ministerio de vivienda(2006) la noción de un monumento abarca la creación arquitectónica aislada, como el sitio rural o urbano que expresa el testimonio de una civilización determinada, de una evolución significativa, o de un acontecimiento histórico. Tal noción comprende no solamente las grandes creaciones sino también las obras modestas, que, con el tiempo, han adquirido un significado cultural. (p. 320691) y las categorías se clasifican según Ministerio de vivienda (2006) a) De 1er. Orden: son los inmuebles altamente representativos de una época histórica, que se caracterizan por contener indiscutibles calidades arquitectónicas de estilo, composición y construcción. Tipifican una forma de organización social o de manera de vida, configurando parte de la memoria histórica colectiva. b) De 2do. Orden: son los inmuebles que presentan calidades arquitectónicas intrínsecas lo suficientemente importante para aconsejar su protección. c) De 3er. Orden: son los inmuebles de arquitectura sencilla pero representativa que forma parte del contexto histórico. (p. 320692)

Monumento Arquitectónico

Conlleva a ser todo el documento material del pasado, que posee valores históricos y espaciales excepcionales para la ciencia y la cultura se distinguen tres grupos y se encuentra en la parte científica, histórica y artística siendo los valores más desarrollados

para justificar la decisión en la práctica de la conservación y restauración. (Swieciochowski, 2009)

Ambiente Monumental

Se denominan así a los espacios que comprende a un inmueble monumental y su respectiva área de apoyo como son el espacio urbano o rural, conformado por los inmuebles homogéneos con valor monumental.

Ambiente Urbano Monumental

Se les denominan a los espacios públicos cuya fisonomía y elementos con valor urbanístico en conjunto, así como la escala, volumétrica, deben conservarse total o parcialmente.

Conjunto Monumental

Son aquellos grupos de construcciones, aisladas o reunidas, que, por razones de su arquitectura, unidad e integración al paisaje, tenga un valor histórico, científico o artístico. (Ministerio de vivienda, 2006, pág. 3206191; art.4.)

Centro Histórico

Según el Ministerio de vivienda(2006) son los asentamientos humanos vivos, fuertemente condicionado por una estructura física proveniente del pasado, reconocido como representativo de la evolución de un pueblo. El centro histórico es la zona monumental más importante desde la cual se originó y desarrollo una ciudad. Las edificaciones en centro histórico y zonas urbanas monumentales pueden poseer valor monumental o de entorno. (p. 320691)

Como también se indica en la Carta de Washington(1987) que todos los conjuntos urbanos del mundo, al ser el resultado de un proceso gradual de desarrollo, más o menos espontáneos, o de un proyecto deliberado, son la expresión material de la diversidad de las sociedades a lo largo de la historia, del cual también esta denominado como núcleos urbanos de carácter histórico ya sean grandes o pequeños, comprendiendo todo tipo de población (ciudades, villas, pueblos, etc), es decir son los cascos, centros, barrios, barriadas, arrabales, u otras zonas que posean dicho carácter con su entorno natural o hecho por el hombre. Más allá de su utilidad como documentos históricos, los referidos núcleos son expresiones de los valores de la civilización urbana tradicional. (p. 1)

Y de acuerdo a la Carta de Cracovia(2000) viene a ser el contexto territorial, que representa una parte esencial de nuestro patrimonio universal y deben ser vistos como un

todo, con las estructuras, espacios y factores humanos normalmente presentes en el proceso continuo de evolución y cambio, viendo desde el contexto urbano en la conservación se puede referirse a conjuntos y espacios abiertos, que son parte de amplias áreas urbanas, o de pequeños asentamientos rurales o urbanos, con otros valores intangibles. (p. 3)

Conservación

Según Bonilla(2004) la conservación consiste en la aplicación de los procedimientos técnicos cuya finalidad es la de detener los mecanismos de alteración o impedir que surjan nuevos deterioros en un edificio histórico. Su objetivo es garantizar la permanencia de dicho patrimonio arquitectónico. (p. 106)

También nos indican en la Carta de Cracovia(2000) como un conjunto de actitudes de una comunidad dirigidas a hacer que el patrimonio y sus monumentos perduren. La conservación es llevada a cabo con respecto al significado de la identidad del monumento y de sus valores asociados. (p. 5); y también en la Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico(1975) nos indica que la conservación del patrimonio arquitectónico depende en gran medida de su integración en el marco de la vida de los ciudadanos y de su consideración en los planes de ordenación del territorio y de urbanismo. (p. 1). Siendo sus objetivos y principios de la conservación según la Carta de Cracovia(2000) el Patrimonio arquitectónico, urbano y paisajístico, así como los elementos que lo componen, son el resultado de una identificación con varios momentos asociados a la historia y a sus contextos socioculturales. La conservación de este patrimonio es nuestro objetivo. (p. 2)

Puesta en Valor:

De acuerdo al Ministerio de Cultura del Perú, Textos internacionales para su conservación, protección, difusión y repatriación(2007) poner en valor un bien histórico o artístico equivale a habitarlo en condiciones objetivas y ambientales que, sin desvirtuar su naturaleza, resalten sus características y permitan su óptimo aprovechamiento. Las puestas en valor deben entenderse que se realiza en función de un fin trascendente que en el caso de Iberoamérica sería contribuir al desarrollo económico de la región. (p. 412)

Tabla N° 08: Definiciones de puesta en valor.

El respeto a la historicidad del inmueble	Es el respeto a las distintas etapas constructivas históricas que tuvo el edificio como son: sus espacios originales, ampliaciones, remodelaciones de importancia.
No falsificación	Se aplica cuando se requiere sustituir o integrar alguna parte, forma o elemento arquitectónico, como también el material similar a los que constituye el inmueble, según Paul Philippot no tiene llamar la atención es decir que la intervención logre una integración visual de la edificación.
Respeto a la patina	La patina adquirida por un edificio es por deterioro natural de los materiales que constituye el inmueble por lo tanto tiene un valor propio y no se debe confundir con la mugre según Piero Sanpaolesi
Conservación in situ:	Es el hecho de no desvincular el inmueble o sus elementos del lugar de origen
Reversibilidad	Se refiere a aquella técnica, instrumento y materiales seleccionados anteriormente en una intervención el cual se juzgue con criterios, enfoques y datos como inútil, inadecuado o nociva al inmueble, sea de fácil anulación de sus efectos, para el reemplazo de una nueva aportación para recuperar el estado del inmueble.

Fuente: Dirección Fuente: Dirección Desconcentrada de Cultura Cusco

Fuente: elaboración propia

Restauración

Según la Carta de Cracovia(2000) la restauración es una intervención dirigida sobre un bien patrimonial, cuyo objetivo es la conservación de su autenticidad y su apropiación por la comunidad. (p. 5) y según la Carta de Venecia(1964) 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. (p. 2)

Intervenciones

Inventiva para la Intervención Estructural

Intervenciones en ciudades históricas y pueblos

La intervención en ciudades históricas consiste en conservar la parte morfológica, funcional y estructural de los inmuebles en conjunto brindando armonía con el medio ambiente y del paisaje circundante. La edificación según la Carta de Cracovia(2000) son las áreas históricas que pueden no tener ellos mismos un valor arquitectónico especial, pero deben ser salvaguardados como elementos del conjunto por unidad orgánica, dimensiones particulares y características técnicas, espaciales, decorativas y cromáticas insustituibles en la unidad orgánica de la ciudad. (p. 3)

Por lo tanto, cuando se realizan las intervenciones estos trabajos deben ser multidisciplinario conformado por diferentes profesiones como son historiadores, químicos, arqueólogos, ingenieros, arquitectos, restauradores de arte entre otros, es de suma importancia en la participación de sus facultades para poder elegir la mejor toma de decisión en la metodología y tipo de reforzamiento estructural que salvaguardara los valores intrínsecos del inmueble como son:

La arquitectura: por la funcionalidad, modificación y distribución de sus ambientes que tuvo durante su historia que forman parte del valor cultura.

El arte: tanto las pinturas murales y frescos como la parte de la arquitectura donde se encuentran adornos en los elementos como son en los: cielos rasos, columnas, muros y pisos los cuales conforman la identidad del inmueble.

La economía: al tratarse de centros históricos son la atracción principal en las visitas turísticas y son un ingreso directo e indirecto para la población.

La historia: una edificación patrimonial son documentos físicos del pasado obteniendo un valor cultural histórico por la época en que fue construido y también por ser testigo mudo por los sucesos históricos que paso.

La ingeniería: estos inmuebles históricos con valor cultural son modelos perceptibles con antiguas técnicas y materiales utilizados que nos dan una idea estructural como se realizan las construcciones en esos tiempos, por los tanto son documentos históricos que nos dejan un gran legado los antiguos constructores (Fernando Peña Mondragón y Paulo B. Lourenço, 2012)

Tipos de intervención.

Tabla N° 09: Tipos de intervención.

INTERVENCION	Objetivo	Propósito del trabajo realizado
Liberación:	Es la eliminación de materiales, técnicas o agregados de elementos que no corresponde al inmueble original el cual altera o afecta el conocimiento o conservación del objeto.	Es la eliminación de humedades, escombros, flora, sales, fauna y/o de agregados debidos a causas humanas, así como la limpieza e incluso si es necesario, la eliminación de intervenciones anteriores.
Consolidación	Es detener el deterioro o alteraciones en proceso de un elemento (integridad estructural) que perdió o	Se utilizan los apuntalamientos o colocación de resane en muros, arcos y cubiertas, la aplicación de fluido plástico mediante la inyección

	<p>está perdiendo, brindando una mayor solidez, como es la protección del medio ambiente y de la acción mecánica, asegurando de esta manera su permanencia en el tiempo</p>	<p>en grietas y fisuras, la restitución de los materiales perdidos en cubiertas, muros, pretilas y cerramientos, la aplicación de un consolidante con materiales adhesivos, cementantes que le brinda mayor consistencia al material de por debilitamiento de mamposterías, así como también de los elementos decorativos mediante yeserías, pintura mural, argamasas, , esculturas de piedra y azulejos y otros.</p>
<p>Reestructuración :</p>	<p>Es devolver las condiciones de estabilidad pérdida o deterioradas, garantizando, sin límite previsible, la vida de una estructura arquitectónica.</p>	<p>Se debe realizar necesariamente por un especialista en estructuras históricas para la evaluación, quien el cual además deberá asesorar la ejecución de dicha intervención en la obra.</p>
<p>Reintegración:</p>	<p>Es devolver la integridad de elementos arquitectónicos deteriorados, mutilados o desubicados llamado también “anastilosis”, que quiere decir reubicar de un elemento desplazado de su posición o reconstrucción mediante ensamble.</p>	<p>Aquí se tienen la reconstrucción de los inmuebles que fueron demolidos por causas accidentales como desinterés de los propietarios para sus mantenimientos o alguna negligencia.</p>
<p>Integración:</p>	<p>Es la integración de elementos nuevos y visibles para asegurar la conservación del objeto es decir del monumento,</p>	<p>Se da con el propósito de unificar y consolidar visualmente la obra, mediante materiales similares o nuevos completando o rehaciendo</p>

	pudiendo ser claramente distinguible con los materiales originales.	de esta manera los elementos que constituyen la edificación.
Reconstrucción: materiales originales.	Debido a las partes perdidas de los elementos que constituyen un monumento Es devolver a construir esas partes desaparecidas, labores por el cual se basa en la fundamentación del respeto al inmueble y será efectuada de tal manera que sea reconocible.	Son los trabajos que implica la no reutilización de los materiales ya perdidos de la construcción a intervenir a lo contrario, se hace uso de elementos nuevos pero que sean diferenciados con los

Fuente: Bonilla 2004

Elaboración: Propia

Principales aspectos a considerarse para la Intervención

Tabla N° 10: Aspectos a considerar en la intervención

Consideraciones	Objetivos	Finalidad
Adquisición de Datos	Recolectar información: histórica, materiales, descripción geométrica y estructural	Para mejor entendimiento del comportamiento estructural ante eventos extraordinarios como son: sismos, inundaciones, precipitaciones pluviales, etc.
Comportamiento Estructural	Hacer un análisis mediante el método de elementos finitos. Debido a la complejidad de estudio se utiliza dos o más herramientas de análisis denominado "Enfoque	Obtener resultados con diferentes software o tipos de herramientas para unir después con otras, de esta manera tener una completa y mejor interpretación del comportamiento

	Integrado de Análisis Complementarios.	estructural como la verificación de las zonas vulnerables del Inmueble.
Seguridad de la estructura	-procedimientos cualitativos: están basados en la observación directa de la disminución de los materiales y de las patologías estructurales el cual incluye una investigación histórica. - procedimientos cuantitativos: basados en ensayos de los materiales y análisis estructural.	Garantizar la consolidación de la estructura sin colapso, que pueda brindar seguridad de la vida de los ocupantes o visitantes y los valores intrínsecos.
Medidas de Intervención	Solucionar las causas del problema del Inmueble desde la raíz, y no solo remediar los síntomas.	Al realizarse la intervención ya sea con una técnica tradicional o moderna esta debe ser la más adecuada, respetando los valores intrínsecos del inmueble.

Fuente: (Fernando Peña Mondragón y Paulo B. Lourenço, 2012)

Consideraciones para la Intervención técnica en una obra patrimonial de tierra.

Todo tipo de trabajos antes de una intervención para su mejoramiento, reforzamiento estructural, consolidación, restauración, recuperación deben realizarse un plan de intervención del cual cumpla en el desarrollo técnico con las siguientes circunstancias:

El resguardo de la vida de los habitantes y/o visitantes y salvaguardar la riqueza cultural en su interior.

Los refuerzos estructurales aplicados deben ser diseños con tecnología y filosofía moderna, con diseños basados en el desempeño prolongando de esta manera la vida útil de estas edificaciones tradicionales.

Conservar las técnicas y materiales con mayor valor científico e histórico hasta donde sea adecuado.

Las intervenciones tienen que respetar y mantener la originalidad del aspecto cultural del inmueble.

Los refuerzos estructurales deben de ser reversibles, poco invasores y compatibles con los materiales originales permitiendo volver a un estado o situación anterior sin que estos sufran algún daño ante circunstancias climatológicas.

No impedir labores de conservación y mantenimiento para futuros casos.

Mantener la documentación técnica con fácil acceso de los trabajos realizadas por entidades competentes siendo de gran ayuda esta información para la toma de decisiones ante una intervención de un patrimonio cultural. (NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA, 2017, págs. 19, art.21.)

Compatibilidad e Incompatibilidad en las intervenciones.

En el siguiente cuadro se encuentra las normas vigentes y sus respectivas filosofías con la que fueron elaboradas para diseños y construcciones.

Tabla N° 11: Códigos vigentes y la filosofía que estos siguen:

(NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE", 2018)	(NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA, 2017)
<p>Evitar pérdida de las vidas humanas.</p> <p>Asegurar la continuidad de los servicios básicos.</p> <p>Minimizar los daños a la propiedad</p>	<p>- La norma se orienta al diseño, construcción, reparación y reforzamiento de edificaciones de tierra reforzada, inspirada en el desarrollo de cultura de prevención de desastres y en la búsqueda de soluciones económicas, seguras, durables, confortables y de fácil difusión.</p> <p>Las estructuras existentes incluyen las obras patrimoniales de tierra.</p>

Fuente: NTP E.030 “Diseño Sismorresistente” y NTP E.080 “Diseño de Construcciones con Tierra Reforzada”.

De acuerdo a la norma E.030 para la zona donde se encuentra la Ciudad de Cusco demandaría realizar reforzamientos estructurales con materiales modernos solicitando gran cantidad de refuerzo de acero y concreto, cambiando el sistema estructural del inmueble perdiendo su valor histórico, del cual ya se realizaron trabajos como reforzamientos con viga collar de concreto en adobe donde se obtuvo resultados desfavorables debido a un sistema invasivo e incompatible con los materiales (diferente rigidez y módulo de elasticidad).

Para la norma E.080 establece la reparación y reforzamiento estructural con geomallas (mallas de polímero) para viviendas de adobe a construirse, como también para construcciones de adobe existentes (casonas coloniales) que requiere un tipo de reforzamiento que sean compatibles como son la madera y los cables de acero obteniendo resultados favorables, brindando continuidad en el plano de los muros y arriostramiento horizontal en los entrepisos y conexión muro-techo, cumpliendo además con las cartas internacionales adoptada por ICOMOS-UNESCO, sin embargo en las cartas internacionales no se encuentra claro qué tipo de intervención aplicar diferenciando las zonas sísmicas y no sísmicas donde se encuentra el patrimonio cultural, necesitando un reforzamientos un poco más invasivas sin que pierda su valor cultural pero que brinde al inmueble seguridad sin que este colapse. Por lo cual se debe seguir haciendo investigaciones para mejorar el comportamiento sísmico de la edificación con nuevas propuestas de reforzamientos estructurales teniendo en cuenta que cualquier técnica de reforzamiento producirá alguna pérdida de valor cultural, ya que los materiales y elementos sufren algún cambio por la incompatibilidad entre ellos, debido a esto se debe plantear en la intervención con la técnica de reforzamiento que valga la pena implementarla analizando los valores arquitectónicos, de arte, de historia y de ingeniería que exista en la estructura y el beneficio que tendrá en la prolongación de su vida útil del inmueble”. (Fernando Peña Mondragón y Paulo B. Lourenço, 2012).

Niveles de Intervención.

Niveles mínimos de intervención: si se trata de muros con relación de esbeltez entre medianos o gruesos, sería posible obtener niveles de seguridad sísmica prudentes, como las restricciones en la parte superior de los muros con los anclajes, logrando mitigar algún riesgo para los ocupantes.

Niveles moderados de seguridad e intervención: es algún reforzamiento en el sistema de cobertura, la adición de alguna llave tipo viga collar o la inclusión de un tirante vertical o horizontal, teniendo un reforzamiento estructural más completo para el inmueble.

Niveles altos de seguridad y control de daños: se añade al centro de los muros varillas verticales que, en conjunto con otras medidas de adecuación sísmica, aumenta el desempeño estructural del inmueble, minimizando la probabilidad de daños estructurales severos.

Técnicas de diagnóstico y reforzamientos estructural usadas en edificaciones de mampostería de adobe y otros en el Cusco.

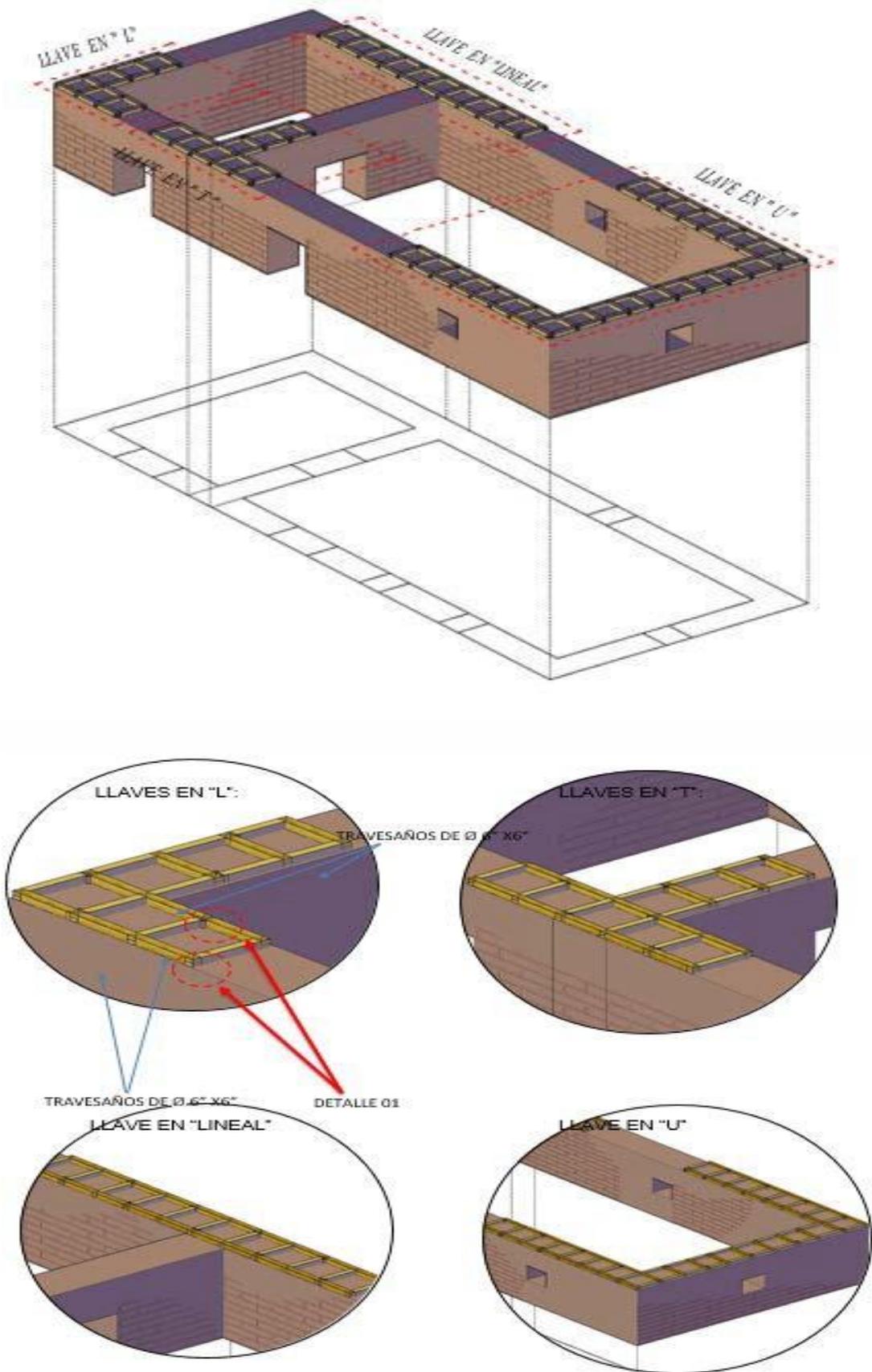
La filosofía primordial que la mayoría de los códigos de construcción especifican es la protección de la integridad física y la vida de los ocupantes de una estructura. El 21 de mayo de 1950 la Ciudad de Cusco fue participe de un catastrófico evento, un terremoto de 7 grados en la escala de Mercalli sacude la ciudad, muchos inmuebles edificados con material de adobe y piedra fueron construidas sin ningún filosofía establecida en los códigos vigentes, sufriendo daños estructurales graves, de los cuales se tienen un registro de ellos como el convento de Santo Domingo, La compañía de Jesús, el local de la Universidad San Antonio Abad, el convento de Santa Catalina y las iglesias de Belén y San Sebastián, así también los barrios de Belén y Santiago que fueron los más afectados, se calcula que los daños en la misión de Kubler fueron de 33 millones de dólares y 3000 casonas destruidas, con 1200 en condición de ser habitadas. Quedaron sin albergue entre 30 a 40 personas, 15 mil de los cuales se instalaron en carpas y toldos en campos de deporte, calle y plazas, anota en su libro Paulo de Azeyevo.

Para la recuperación de la Ciudad de Cusco se hizo uso de reforzamientos estructurales para evitar en el futuro perdidas masivas de nuestro patrimonio cultural considerando que sean integrados a los elementos básicos de acuerdo a la adecuación sísmica de la zona ya que esto tipos de inmuebles tiende a la modalidad de falla más común que es de volteo, se pueden distinguir 3 tipos de reforzamientos más comunes utilizados en las casonas coloniales como son: elementos horizontales superiores en muros (obligatorios), elementos verticales de muro (opcional, salvo en el caso de estructuras de muros delgados) y elementos horizontales inferiores de muros (opcional), otorgando anclaje al techo o entrepiso, resistencia y rigidez fuera del plano y estabilidad de continuidad en el plano. De los cuales los reforzamientos estructurales que se aplicaron en las casonas coloniales del Centro Histórico del Cusco, debido a la compatibilidad de material, reversibilidad y no invasoras son:

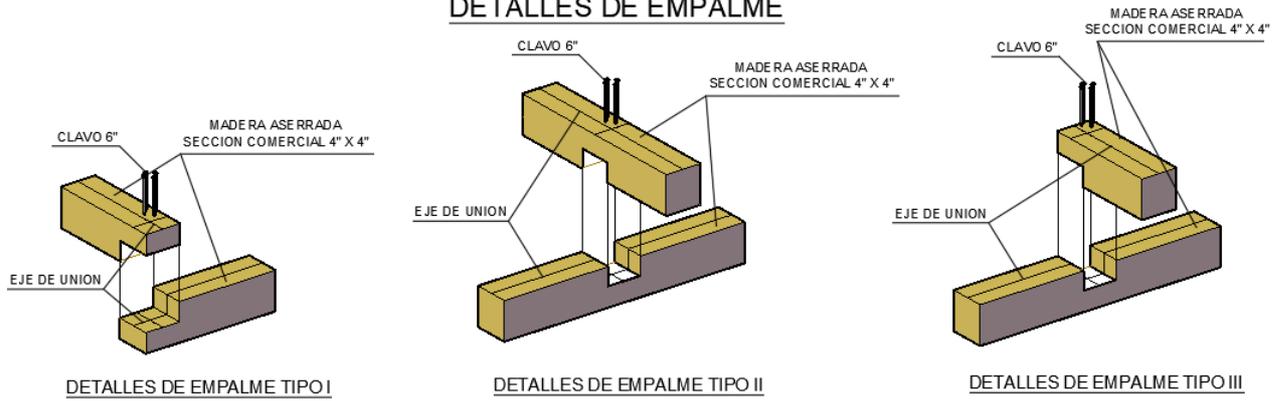
Reforzamiento de Madera:

La madera al ser un poco más compatibles con el adobe con respecto con otros materiales, son adecuadas para diseñar diversas formas de reforzamiento estructurales debido a la maleabilidad y las circunstancias y entre los encuentros entre muros ya que están son las zonas más críticas del inmueble, y se tiene: llaves en “L”, Llaves en “T”, Llave en “U”, Llave lineal y vigas collar, contando con similares configuraciones como largueros, travesaños y uniones a media madera.

Figura N° 19: Detalles de conexión con madera.



DETALLES DE EMPALME

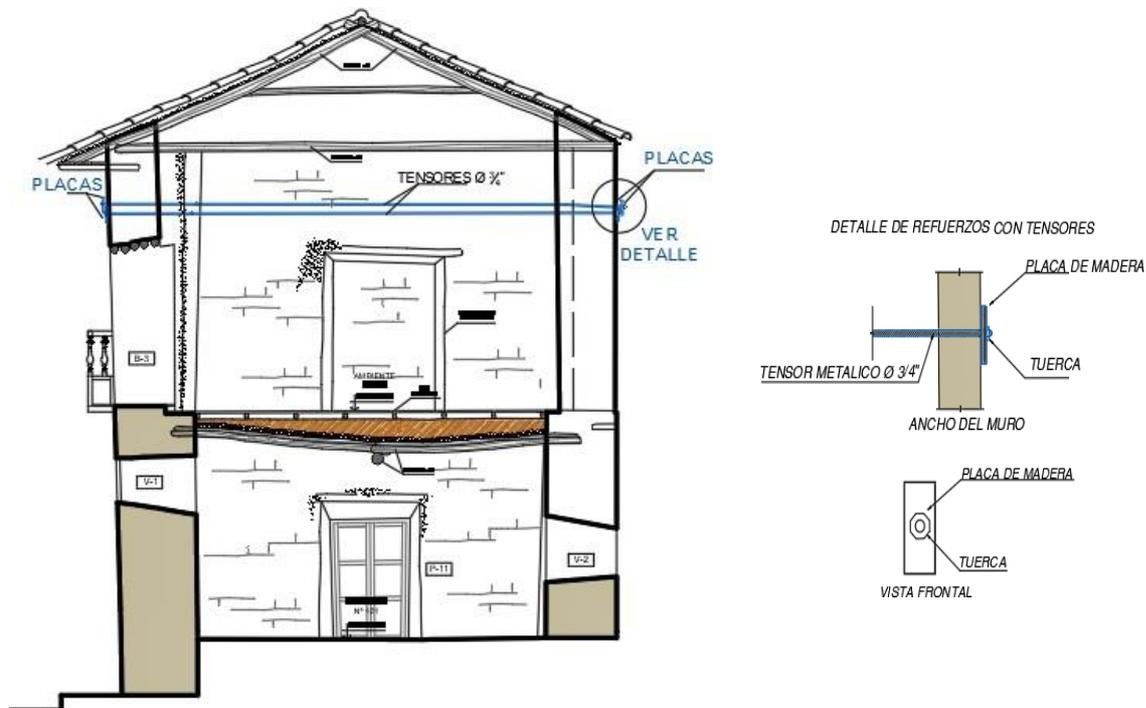


Fuente: Elaboración propia.

Tensores con Acero:

Los tensores de acero al ser reversibles y no invasoras con los materiales originales son aplicados en las casonas coloniales ya que pueden ser utilizados como refuerzos horizontales atravesando perpendicularmente los muros de adobe, brindando límites de desplazamiento de los segmentos de muros fisurados evitando que salgan del plano mismo, resistencia a la flexión fuera del plano (volteo) ante las cargas de techo o movimiento telúrico, otorgando continuidad en el plano.

Figura N° 20: Reforzamiento con tensores con acero



Fuente: Elaboracion propia

Técnicas de Reforzamientos Estructurales Usadas en Mamposterías de Adobe y Otros en el Mundo.

Para el control de los desplazamientos de los muros fisurados se emplea elementos estructurales que sean compatibles con el material de adobe (tierra), es decir que sean de baja dureza para no ocasionar algún tipo de daño, que brinden flexibilidad y gran capacidad de tracción. (NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA, 2017, p. 5).

Entre ellos se podrán considerar los siguientes reforzamientos estructurales según (Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 298) y otros el cual nombraremos a continuación:

Reforzamiento en muros y pilares

Los muros gruesos construidos tradicionalmente con materiales a base de tierra y de piedra, tienen en común baja resistencia a las tensiones de tracción y corte, y al estar en contacto con el agua se produce algunas alteraciones de sus componentes por la permeabilidad de la tierra y el mortero utilizado.

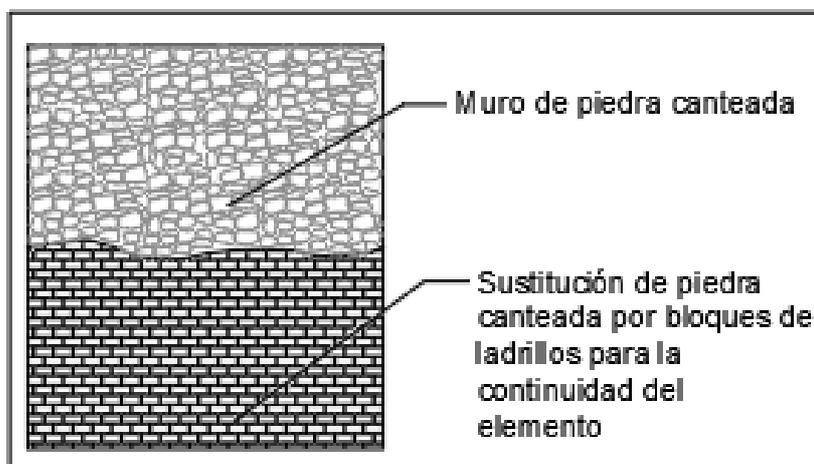
De acuerdo a los singulares casos de patologías que presentan cada inmueble a intervenir, se condiciona la elección de la técnica de reparación o refuerzo, priorizando en lo general que la técnica aplicada, tenga en lo conveniente un reparto homogéneo de solicitaciones que se presenten, evitando en lo posible esfuerzos adicionales de tracción o corte en el muro. Debido de que se trata de muros antiguos es difícil caracterizar los esfuerzos a través de los ensayos por lo cual no conviene aumentar los esfuerzos a compresión (Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 297), siendo en lo posible disminuir los esfuerzos en el plano transversal del muro como un medio resistente capaz de contrarrestar los empujes y minimizar su esbeltez.

Sustitución física de la zona dañada

Son las sustitución de los elementos que se encuentran dañados con presencia de grietas, disminución de las dimensiones de los bloques de adobe por la erosión generado por la humedad o alguna alteración del material tierra por lo cual se requiere reconstruir dichas zonas con los mismos materiales si estos se encuentra en condiciones adecuadas o con otros materiales con similitudes y características del material original, en este tipo de intervención se prioriza la restauración de la capacidad portante inicial de elemento

extraído considerando previamente en esta intervención la eliminación de la causa que la genero y que la zona sustituida tenga una correcta transmisión de cargas.

Figura N° 21: sustitución de la zona dañada



Fuente: Elaboracion propia

Inyecciones

Es una reparación de fisuras y grietas pasivas (que dejaron de actuar dicha causa del daño) el cual consta de mediante presión con una pistola de inyección de sellantes introducir el mortero fluido de masa plástica rellenando todo el espacio vacío entre los labios de abertura. Siendo este líquido compatible con el elemento dañado el cual se pretende devolver la continuidad al endurecerse y adherirse al material.

Figura N° 22: Método de inyección



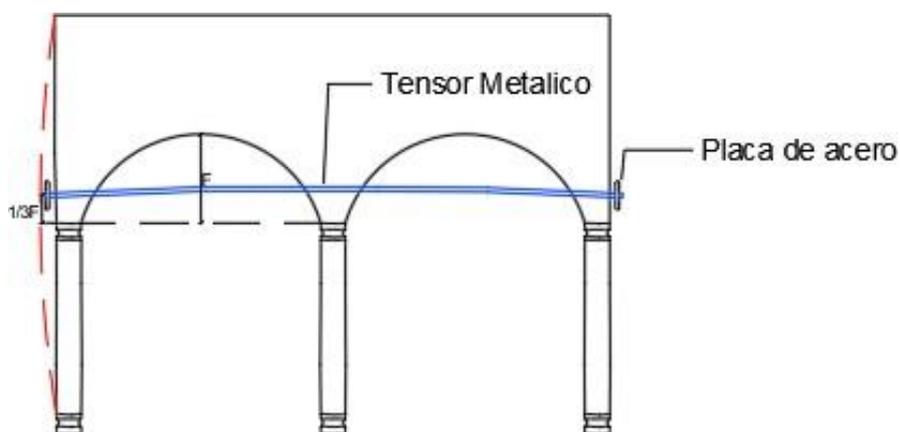
Fuente: Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 297

Atirantamientos

Se refieren a los elementos lineales que trabajaran a tracción, normalmente están conformados por cables de acero el cual se utilizan para evitar las deformaciones

progresivas, desplome de los muros y que estos se separen hasta perder tu estabilidad y capacidad resistente, se ubican transversalmente al plano del muro el cual se fijan mediante anclajes específicos, posteriormente se recomiendan que se hagan unos reajustes tensionales debido a los alargamientos del tirante.

Figura N° 23: Atirantamientos

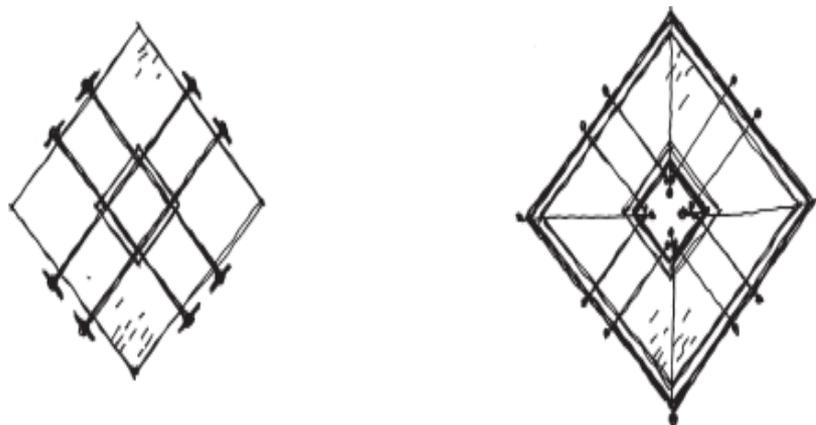


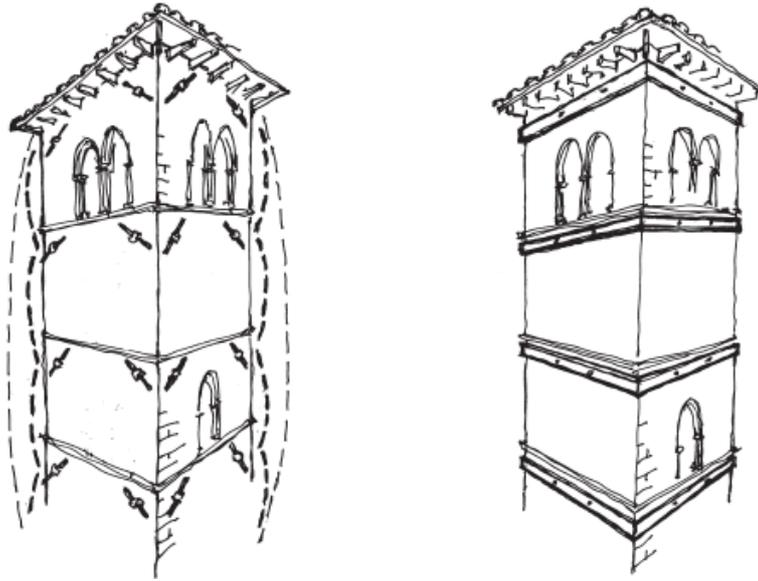
Fuente: Elaboración propia

Zunchados

Son elementos conformados tradicionalmente con materiales de acero y hierro utilizados en los edificios con estructuras murarias cerradas de ladrillo o en pilares de piedra, del cual son dispuestos en forma de zunchos o correas con el fin de aumentar la resistencia del elemento y reducir la esbeltez.

Figura N° 24: Zunchados.





Fuente: Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 297

Reforzamientos en forjados y cubiertas

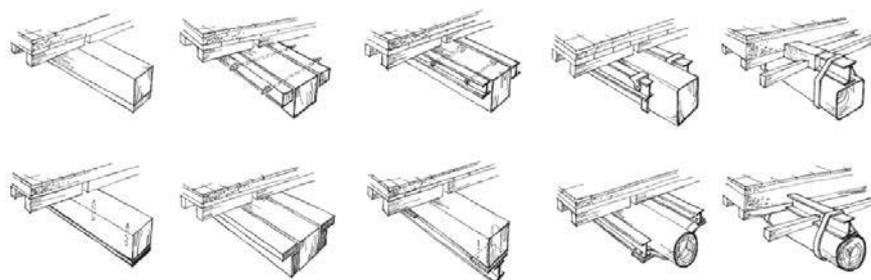
Substitución funcional de apoyos en vigas y viguetas

Los dinteles, viguetas o vigas de madera cuando se encuentran afectadas por xilófagos como las termitas y hongos, disminuyen sus dimensiones y capacidad de trabajo por la humedad y descomposición, requiriendo la sustitución completa o parcial del elemento siendo evaluados su posible solución la zona dañada considerando el grado del problema que se encuentra generalmente en los apoyos de vigueta a viga o viga a muro.

Suplementos resistentes en vigas y viguetas

Consiste en añadir nuevos elementos de madera o perfiles de acero a flexión en vigas o viguetas donde se generaron deflexiones excesivas o que sus dimensiones sean insuficientes, siendo ubicadas de acuerdo a la condición que requiera el elemento dañado como es en la parte superior para conservar el forjado existente que poseen algún valor artístico, en la parte inferior por la reducción libre de las estancias que cubren siendo la más usual en viguetas y en la parte lateral siendo más utilizada en vigas por soportar tramos enteros de viguetas, todos estos tipos de refuerzos se aplican con la hipótesis de poder absorber estos esfuerzos generados.

Figura N° 25: suplementos resistentes en vigas y viguetas

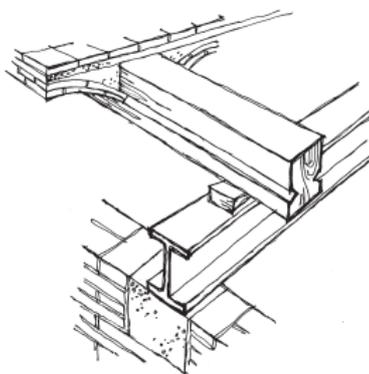


Fuente: Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 297

Parteluces.

Son aplicadas cuando se generan sobrecargas mayormente por el cambio de uso del ambiente, el cual reducen las tensiones de flexión siendo conformadas por elementos de acero o madera colocadas transversalmente a los tercios de luz o por la mitad del elemento a reforzar, requiriendo a veces de un apoyo de buenas condiciones como la construcción de muros transversales o pilares específicos con su debida cimentación para su correcta transmisión de cargas al terreno.

Figura N° 26: Parteluces.

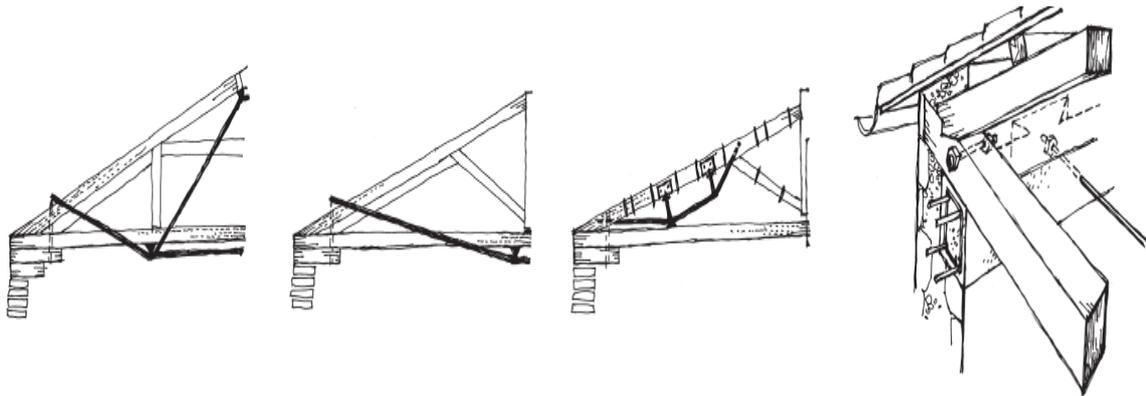


Fuente: Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 297

Reforzamiento específicas en armaduras y cerchas de cubiertas.

Se recomienda generalmente para su reemplazo cuando estos elementos se encuentran afectados por las humedades, en algunos casos de acuerdo al análisis de estas estructuras se verá su estado, tamaño o interés de su permanencia se aconseja hacer un reforzamiento estructural mediante armaduras postensadas brindado un equilibrio de fuerzas y compensar las tracciones debido a las cargas sometidas.

Figura N° 27: reforzamiento específicas en armaduras y cerchas de cubierta.

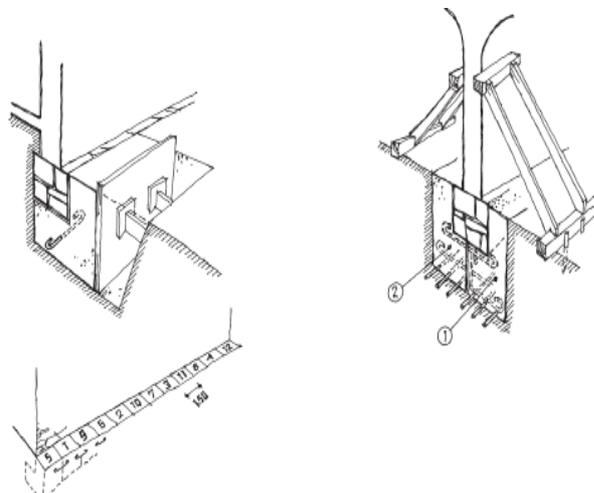


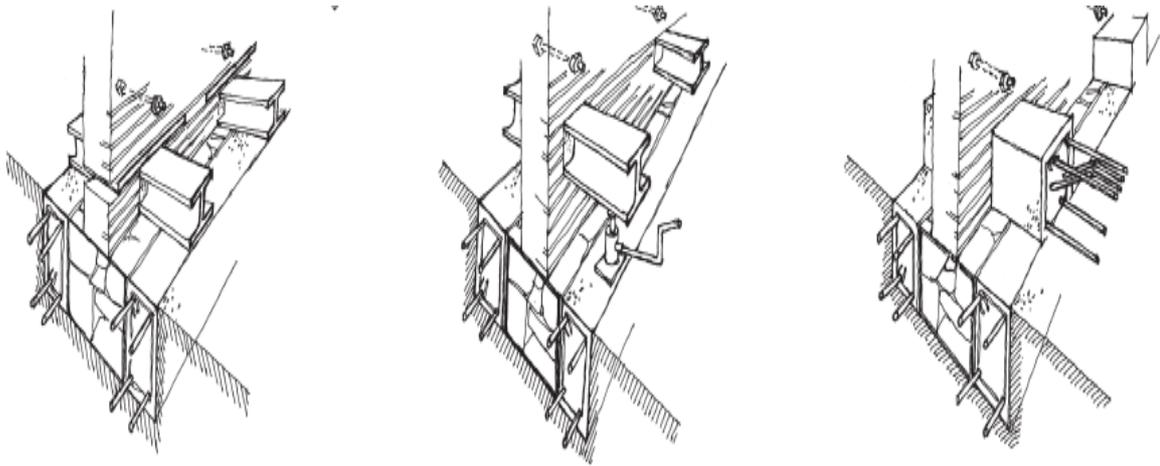
Fuente: Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 297

Reforzamientos en las cimentaciones.

Para una decisión adecuada a tomar en las intervenciones de la cimentación es conocer la tipología y características de la de cimentación que la constituye la edificación, seguidamente que actividades de las lesiones se tiene y el estudio geotécnico del terreno de fundación. De acuerdo a toda esta información recolectada se plantea el tipo de intervención a emprender considerando que las cargas soportadas por la cimentación y del terreno de fundación se mejoren siendo una de la fase importantes en este tipo de reforzamiento. Entre ellos se tiene en las cimentaciones superficiales mayormente utilizados el recalce por debajo de la zapata un poco más ancha al firme dicha estructura existente. Como también se hacen cada vez más populares el uso de micropilotes siendo dispuestos en forma inclinada o vertical dependiendo de los esfuerzos que se pretende absorber a la base del cimienta y ser transmitido adecuadamente al terreno.

Figura N° 28: Reforzamientos en las cimentaciones.



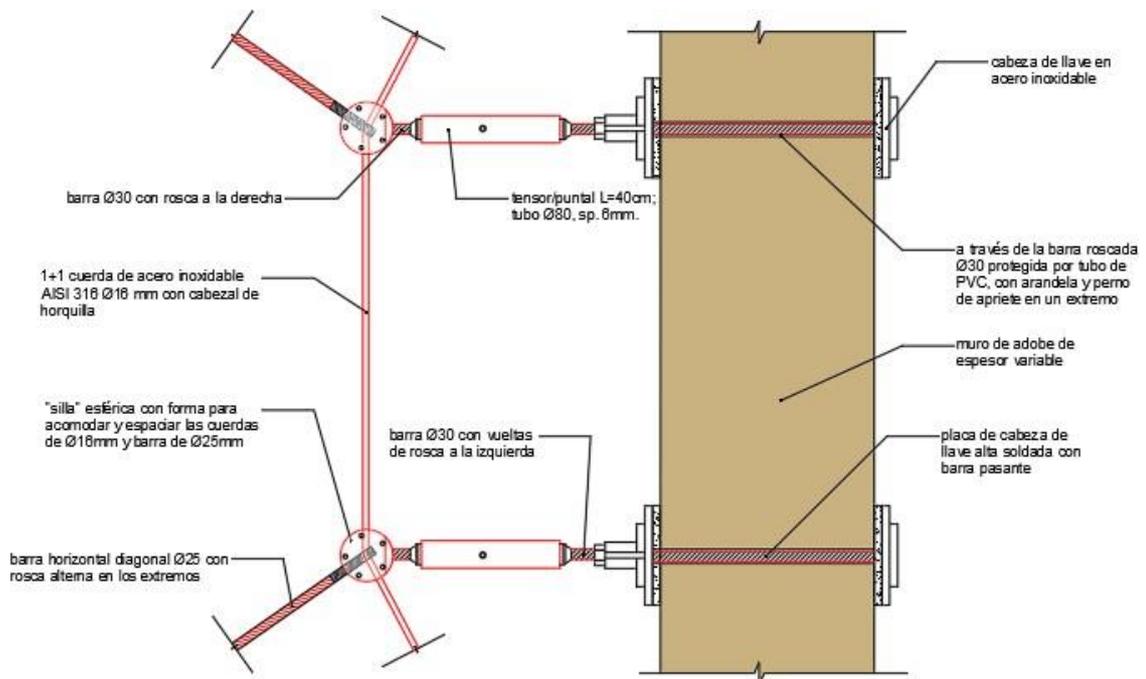


Fuente: Método RehabiMed, Arquitectura Tradicional mediterránea, II Rehabilitación El edificio, 2007, p. 297

Diafragma diamante.

El sistema de cables es "diafragma diamante", que está constituida por varillas de unión y puntales capaz de limitar la deformación por flexión en ambas direcciones perpendiculares a las paredes.

Figura N° 29: Reforzamientos estructural diafragma diamante.



Fuente: Forte di fuentes a colico, un consolidamento in itinere p. 12.

Elaboracion: propia

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Casas coloniales

Las casonas coloniales son construcciones de la época republicana alrededor del siglo XVI y XVII aproximadamente en el Perú, las características principales de estas viviendas comúnmente tradicionales contaban con 3 patios y algunas con galerías, desde el ingreso principal se podía acceder a un zaguán que anexa a un primer patio donde se realizaban las actividades sociales del inmueble, seguido a este patio se encuentran otros de la misma características o similitud pero no funcionales donde se desarrollaban las actividad de servicio, en la parte posterior de la vivienda se encontraban los ambientes de los esclavos, los baños y de oficios (herrería sobre todo), constructivamente en su mayoría están constituidos por muros de adobes robustos con una cobertura (techo) tipo tijeral par y nudillo cubierta con cur cur y una capa de barro que encima ira la teja artesanal.

Reforzamiento estructural

Son elementos utilizados en las secciones existente dotados de una mayor capacidad ante cargas de servicio y sísmicas, produciendo de esta manera un incremento de capacidad estructural (Soporte antiguo + Refuerzo). Por lo tanto, son elementos constituidos por materiales con alta capacidad de ductilidad o de tracción, específicamente sirven para controlar los esfuerzos y desplazamientos de los muros, si en caso se encuentren fisurados o agrietados como también deben ser compatibles con el material tierra, es decir, baja dureza y flexible para no dañarlo.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Enfoque

Cuantitativo, puesto que plantea una forma confiable para conocer la realidad es a través de recolección y análisis de datos (Suárez, 2012)

Tipo de Investigación

Aplicativo, busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática, está más interesada en la aplicación sobre una problemática antes del desarrollo de un conocimiento de valor universal (Suárez, 2012)

Diseño de Investigación.

Experimental, se requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados (Sampieri, 2014), y se determinara la relación causa – efecto de un fenómeno físico o social (Suárez, 2012)

Nivel de investigación.

Descriptivo, invetiga y determinan las propiedades y características más representativas de los objetos de estudio, una de las investigaciones principales es la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio. (Suárez, 2012)

3.2. Variable y Operacionalización

Variable Independiente: Técnica de reforzamiento estructural.

Variable Dependiente: Esfuerzos y deformaciones de la casona colonial.

La matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo 02

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

De acuerdo a la evaluación de los inmuebles que requieren intervención prioritaria del centro histórico de Cusco, realizados por la Municipalidad Provincial de Cusco, son: de grado I: 14 inmuebles, grado II: 142 inmuebles y grado III:189 inmuebles, haciendo un total de 345 casonas coloniales

Muestra y muestreo

Para poder obtener las propiedades físico-mecánicas de los materiales de la casona colonial se debe considerar los distintos aspectos y criterios según la experticia del

investigador, como la elaboración de los adobes que en su mayoría se realizó con propio material del lugar, la configuración geométrica, los daños estructurales que se encuentra en cada inmueble, por lo tanto, las muestras representativas son seleccionados.

La toma de muestra se realiza por conveniencia considerando los criterios y factores anterior mente mencionado para la selección y exclusión de los 3 bloques de adobe de los muros de la casona colonial ubicado en la Calle San Vicente.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica

Esta investigación tendrá una técnica de carácter mixto, el estudio de los daños estructurales de la casona tendrá una etapa descriptiva y una parte de revisión bibliográfica. Todo el análisis se realizará en la Casona de la Calle San Vicente N° 315 del barrio de San Pedro en el centro histórico de la ciudad de Cusco, para el procedimiento se debe considerar la geometría, patrones de agrietamiento u otra patología que presenta la estructura, también es necesario el conocimiento de las propiedades mecánicas siendo estos estudios esenciales para el modelamiento matemático, la información requerida puede ser obtenida aplicando procedimientos de investigación cualitativos y cuantitativos, los cuales impliquen estudios in-situ y pruebas en laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos

Para la selección de la muestra representativa se eligieron 3 bloques de abobe de los diferentes lugares de los muros portantes de la casona colonial siendo elegidos por la condición y factibilidad en su extracción para su posterior ensayo a compresión uniaxial en laboratorio y determinar las propiedades físico-mecánicas, a continuación, se observan los cubos prismáticos que se extrajeron.

Figura N° 30: Cubo prismática de la muestra de adobe n° 01, n°02 y n°03



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 33: Cubo prismática de las muestras del adobe.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12: Cuadro de resumen del ensayo Uniaxial.

Item	Descripción	Dimensiones			Área cm ²	Volumen cm ³	Carga en kg.	Resistencia (kg/cm ²)
		Lado (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)				
1	Muestra 1	10.00	10.00	10.00	100	1000	810.00	8.10
2	Muestra 2	10.00	10.00	10.00	100	1000	840.00	8.40
3	Muestra 3	10.00	10.00	10.00	100	1000	890.00	8.90

Fuente: elaboración propia

Promedio de Resistencia: 8.47 kg/cm²

Verificación de la geometría de la casona colonial.

Descripción:

La casona colonial es una vivienda unifamiliar con acceso al según nivel a través de una escalera interior, el primer nivel se muestra en la figura X con una altura de piso a techo de 3.28 m, la distribución está conformada por 04 ambientes y un patio, abarcando un área total de 138.15 m² y un área construida de 97.53 m², el según piso se muestra en la

figura Y con una altura de piso a techo de 3.72 m, y una distribución conformada por 3 ambientes, abarcando un área de 97.53 m².

La cobertura está compuesta por una cercha tipo tijerales “par y nudillo” de madera de Ø 3”, sobre las cuales se colocan alfajías (quiswar o cur cur) con un espesor de 0.02 m, que recibe una capa de barro y paja con espesor de 0.05 m, cubierta con teja artesanal con espesor aproximadamente de 0.02 m.

Para la obtención de las propiedades físico-mecánicas se realizó mediante cuadros de correlación de la Tesis de Mijael Montesinos p. 98 año 2016 y P.B. Lourenço, G. Karanikoloudis & F. Greco p.4 año 2016.

Propiedades de los materiales:

Adobe:

Peso unitario de la albañilería de adobe:	1735.00 kg/m ³
Módulo de Elasticidad de la Albañilería:	1172.68 kg/cm ²
Módulo de Poisson:	0.20
Resistencia a compresión de la albañilería:	8.47 kg/cm ²
Factor de amortiguamiento ξ :	de 0.05

Madera:

Según la norma

Peso unitario de la madera:	571.00 kg/m ³
Módulo de Elasticidad de la Madera:	10054.500 kg/cm ²
Módulo de Poisson:	0.20

Acero:

Peso unitario del acero:	7849.00 kg/m ³
Módulo de Elasticidad de la Madera:	2036.90 kg/cm ²
Módulo de Poisson:	0.30

Tabla N° 13: Metrado de cargas para estructuras de techo: Par y Nudillo

Ancho tributario	m	0.60
-------------------------	---	------

Cargas muertas	Unidad	Carga	Espesor	Ancho tributario
Peso unitario teja artesanal	Kg/m ³	1600	0.02 m	0.6 m
Peso de torta de barro + paja	Kg/m ²	160		0.6 m
Peso enchaclado de yeso	Kg/m ³	1000	0.03 m	0.6 m

Cargas muertas	Unidad	Carga
Peso unitario teja artesanal (considerar translape entre tejas 1.5)	Kg/m	28.80
Peso de torta de barro + paja	Kg/m	96
Peso enchaclado de yeso	Kg/m	18

Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 14: Metrado de cargas para estructuras de entrepiso

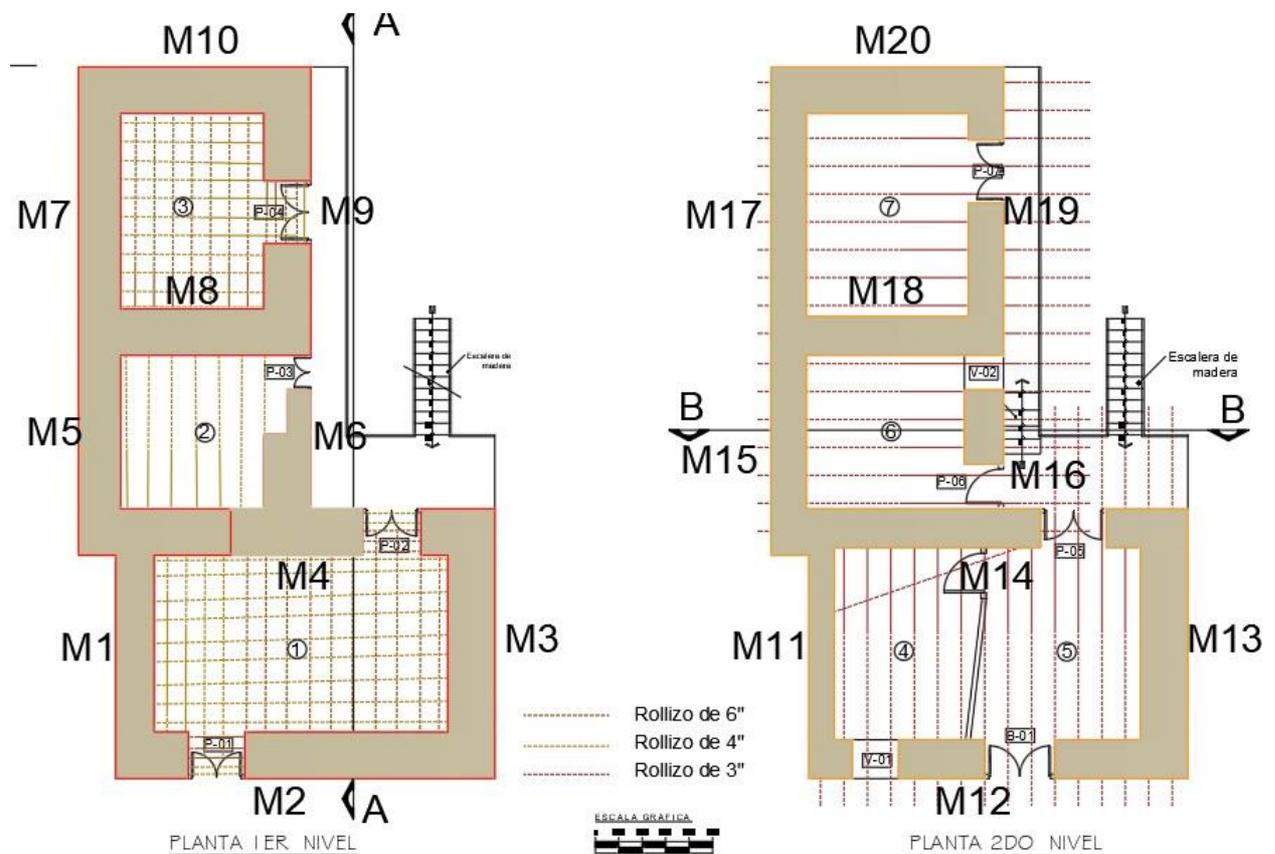
Cargas muertas	Unidad	Carga	Espesor	Ancho tributario
Peso de torta de barro	Kg/m ³	1600	0.05 m	0.6 m
Madera	Kg/m ³	1000		0.6 m

Fuente: elaboración propia

Para el metrado de cargas vivas tenemos según la norma E.020 para el techo 30 kg/m² y para cuartos 200 kg/m²

Planos de planta:

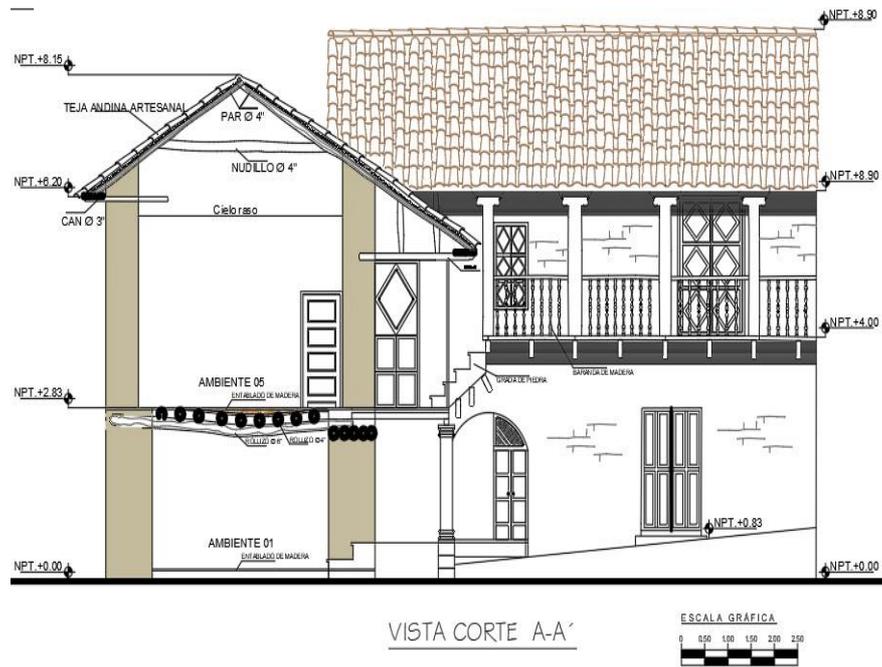
Figura N° 34: Vista planta.



Fuente: Elaboración propia

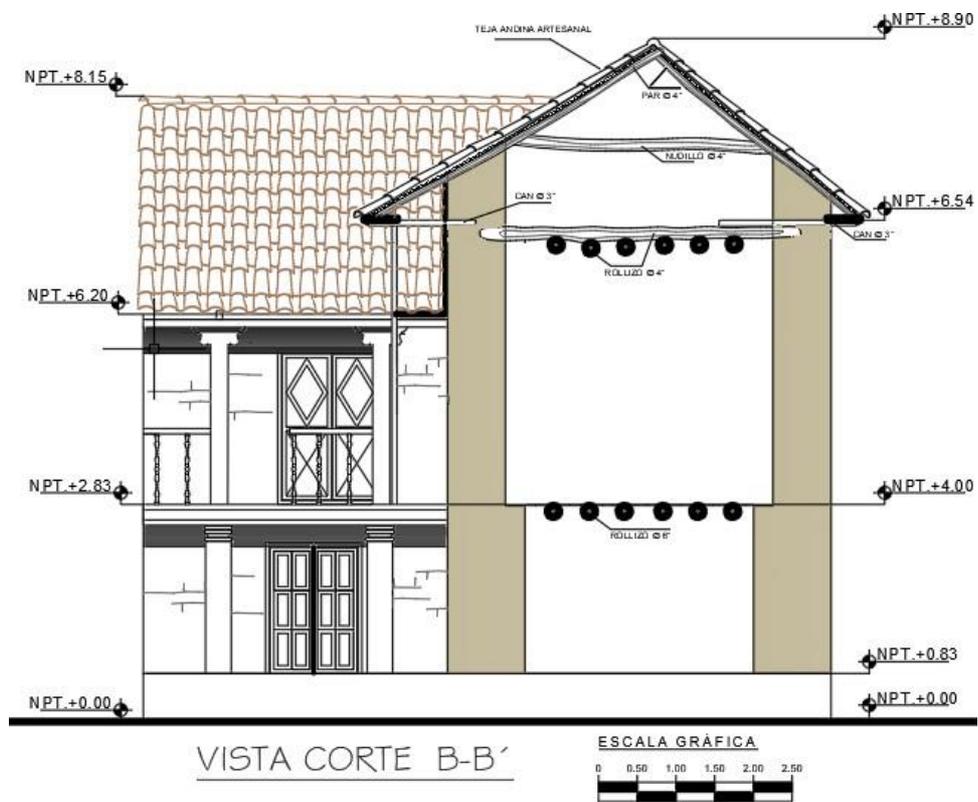
Plano elevación:

Figura N° 35: Elevación corte A-A´



Fuente: Elaboración propia

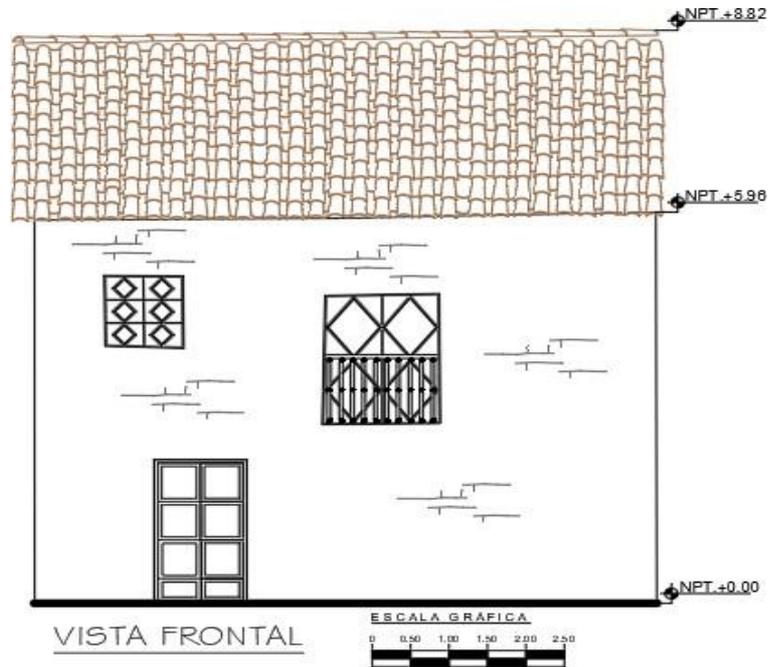
Figura N° 36: Elevación corte B-B´



Fuente: Elaboración propia

Fachada

Figura N° 37: Vista frontal



Fuente: Elaboración propia.

Validación y confiabilidad de instrumentos.

En la presente tesis se puede afirmar que la validez, en términos generales, se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Sampieri, 2014).

Los instrumentos empleados fueron calibrados por expertos, quienes determinarán la validez de dicho instrumento para poder evaluar realmente la variable que se propone.

Se puede confirmar en la presente tesis, la confiabilidad de un instrumento de medición se describe al grado en que su aplicación periódica al mismo individuo u otro produce resultados iguales (Sampieri, 2014).

Cabe indicar que las mediciones realizadas a las muestras serán confiables y exactas, puesto que el laboratorio donde se realizó las pruebas se acredita con la certificación necesaria y estándares de calidad, para la evaluación de muestras.

3.5. Procedimientos.

Para el desarrollo de la recolección de la información constará de las siguientes etapas

1.- Realizar el análisis del peligro sísmico haciendo uso del método probabilístico y determinístico. Para el primero se utilizará el software R-Crisis versión 18.4, mientras que para el segundo se aplicará la metodología formulada por Patwardhan y Slemmos.

2.- Hacer un mapeo visual de las grietas existentes junto con un registro fotográfico para evaluar el daño presente en los muros portantes.

3.- Realizar ensayos de compresión uniaxial en tres especímenes de adobe de $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}^3$. Los parámetros mecánicos de la albañilería de adobe necesarios para el modelamiento propuesto se obtendrán a partir de correlaciones con la resistencia a compresión obtenida de los especímenes de adobe.

4.- Desarrollar el modelamiento numérico de la casona colonial con y sin la propuesta de reforzamiento estructural para comparar las deformaciones y esfuerzos de los elementos estructurales ante cargas de servicio y sísmicas en ambos casos. Para cada caso se plantea realizar dos modelos usando elementos con comportamiento elástico lineal, el primero modelará a los muros como elemento tipo Shell, mientras que el segundo usará elementos tridimensionales para modelar los muros. El techo se considerará como cargas aplicadas sobre los muros.

3.6. Método de análisis de datos

De acuerdo al desarrollo de la recolección de la información se obtiene:

1.- Para los métodos probabilísticos y determinísticos se obtuvieron las máximas aceleraciones horizontales del suelo tipo B (Roca) según la norma E.030, siendo expresadas en 0.25g y 0.28g para un periodo estructural de $T=0.00$ respectivamente, siendo utilizadas posteriormente con el coeficiente de reducción sísmica para la simulación de sismo en el modelamiento matemático.

2.- Se registró los siguientes daños en casona colonial de tipo fisuras vertical en las esquinas superiores de los muros de adobe.

3.- Los ensayos realizados de los 3 especímenes extraídos de los muros de adobe se obtuvieron de las muestras 1, 2 y 3 como resultado las siguientes resistencias de 8.10, 8.40 y 8.90 kg/cm^2 respectivamente teniendo un Promedio de 8.47 kg/cm^2 .

4.- De acuerdo al modelamiento numérico de la casona colonial se obtuvo las siguientes deformaciones y esfuerzos que se muestran en las tablas n°15, n°16, n°17 y n°18.

3.7. Aspectos éticos.

La presente tesis de investigación se llevó a cabo con el cumplimiento de los principios éticos, valores y respetando los derechos a la propiedad intelectual de los autores. Asimismo, también se consideró las recomendaciones por las cartas internacionales adaptadas por ICONOS – UNESCO y de la Norma Técnica Peruanas (NTP), como la E-

030 (diseño sismorresistente 2018), E-080 (adobe), E-020 (cargas). Es importante mencionar también que se ha cumplido con todo lo establecido por el estilo ISO 690.

IV. RESULTADOS

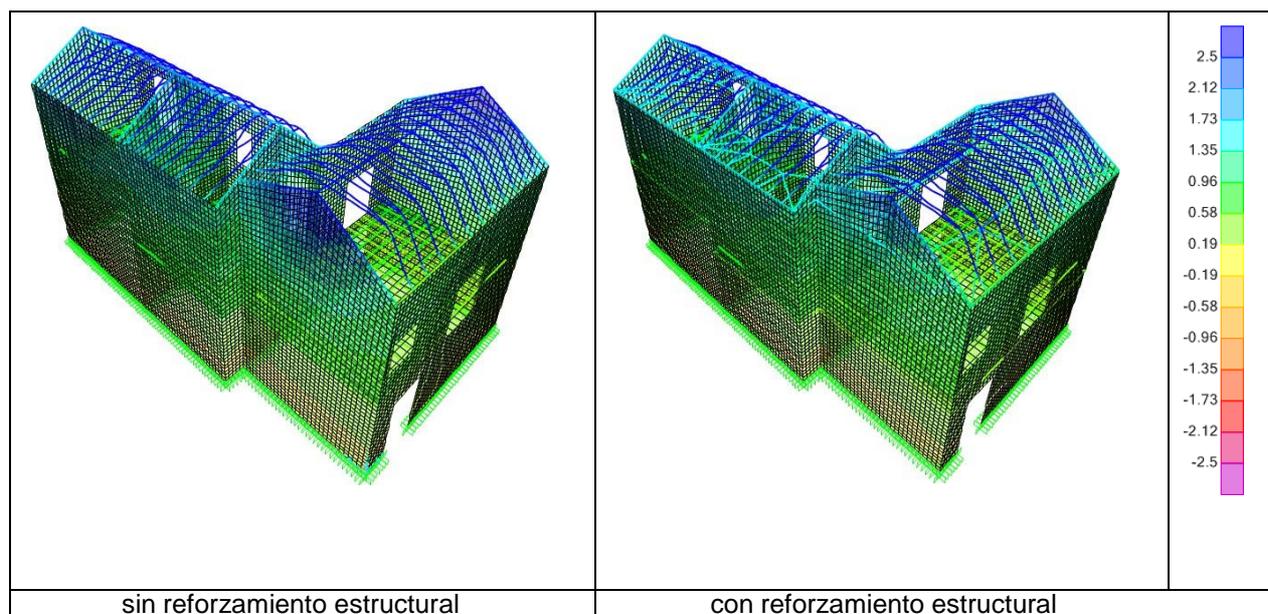
1.- Los valores obtenidos mediante los métodos probabilístico y determinísticos son de 0.25 g y 0.28g en comparación a los valores de la norma E. 0.30 donde se encuentra la ciudad de Cusco en la Zona 2 con un valor de 0.25g, el cual se utilizó el dato más crítico de 0.28g.

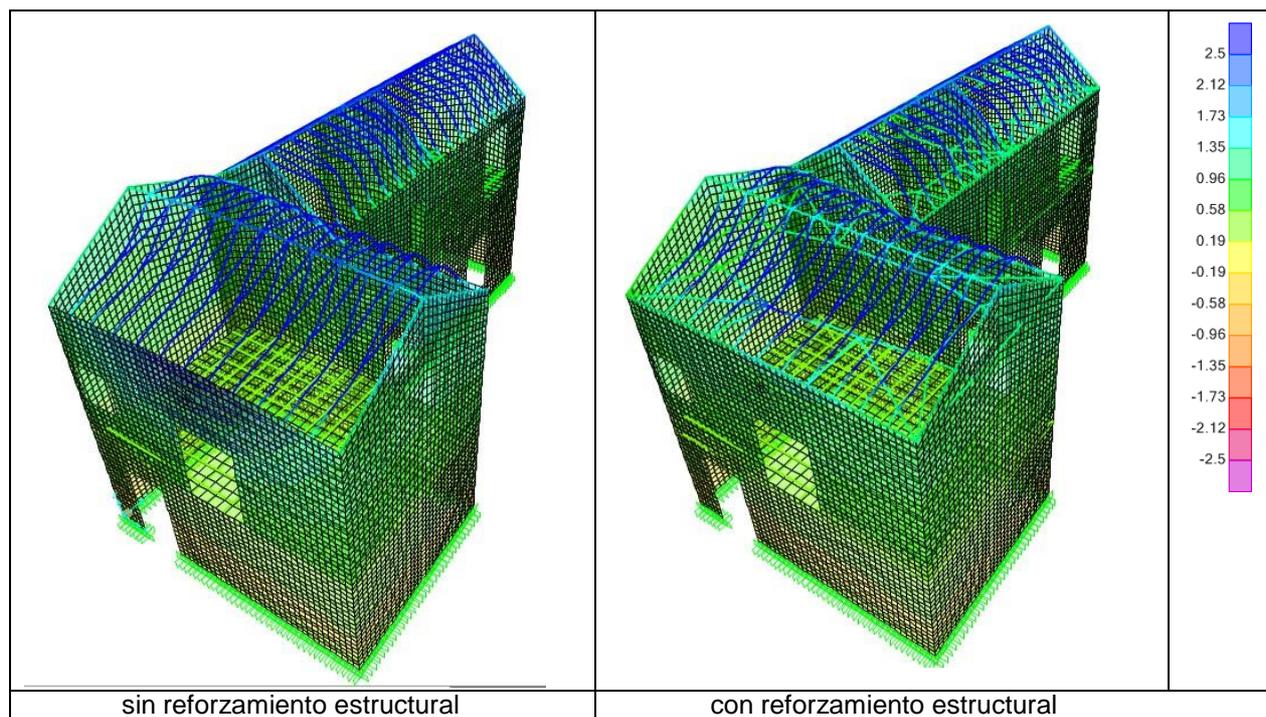
2.- Debido a los diferentes eventos sísmicos anteriores, asentamientos e implicancias de modernización que tuvo la casona colonial, se identificó fisuras verticales y diagonales superficiales en el muro M11 de acuerdo a las descripciones dadas en los planos de planta.

3.- Para determinar las propiedades físico mecánico del adobe, se realizó los ensayos de corte uniaxial de los 3 cubos prismáticos de las muestras extraídos de las paredes de la casona colonial, obteniendo un promedio de 8.47 kg/cm², que posteriormente se utiliza para la correlación de cuadros, obteniendo los valores de módulo de elasticidad de 1172.68 kg/cm² y módulo de poisson 0.20.

4.-La estimación de las deformaciones y máximos esfuerzos de acuerdo según el análisis estático en dirección del sismo X-X y sismo Y-Y se muestra en las siguientes tablas.

Figura N° 38: Diagrama de deformaciones para sismo X-X y sismo Y-Y





Fuente: elaboración propia

Tabla N° 15: Cuadro de resumen de desplazamientos en Sismo X-X.

Desplazamientos en Sismo en X-X (cm)			
Descripción	Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Diferencias
Entrepiso Viga collar -M3	0.57	0.55	0.02
Entrepiso Viga collar -M6	0.62	0.60	0.02
Entrepiso Viga collar -M9	1.03	0.92	0.11
Techo Viga collar – M3	2.07	1.77	0.30
Techo Viga collar - M6	1.82	1.51	0.31
Techo Viga collar - M9	2.13	1.58	0.55
Típano M13	2.94	2.42	0.52

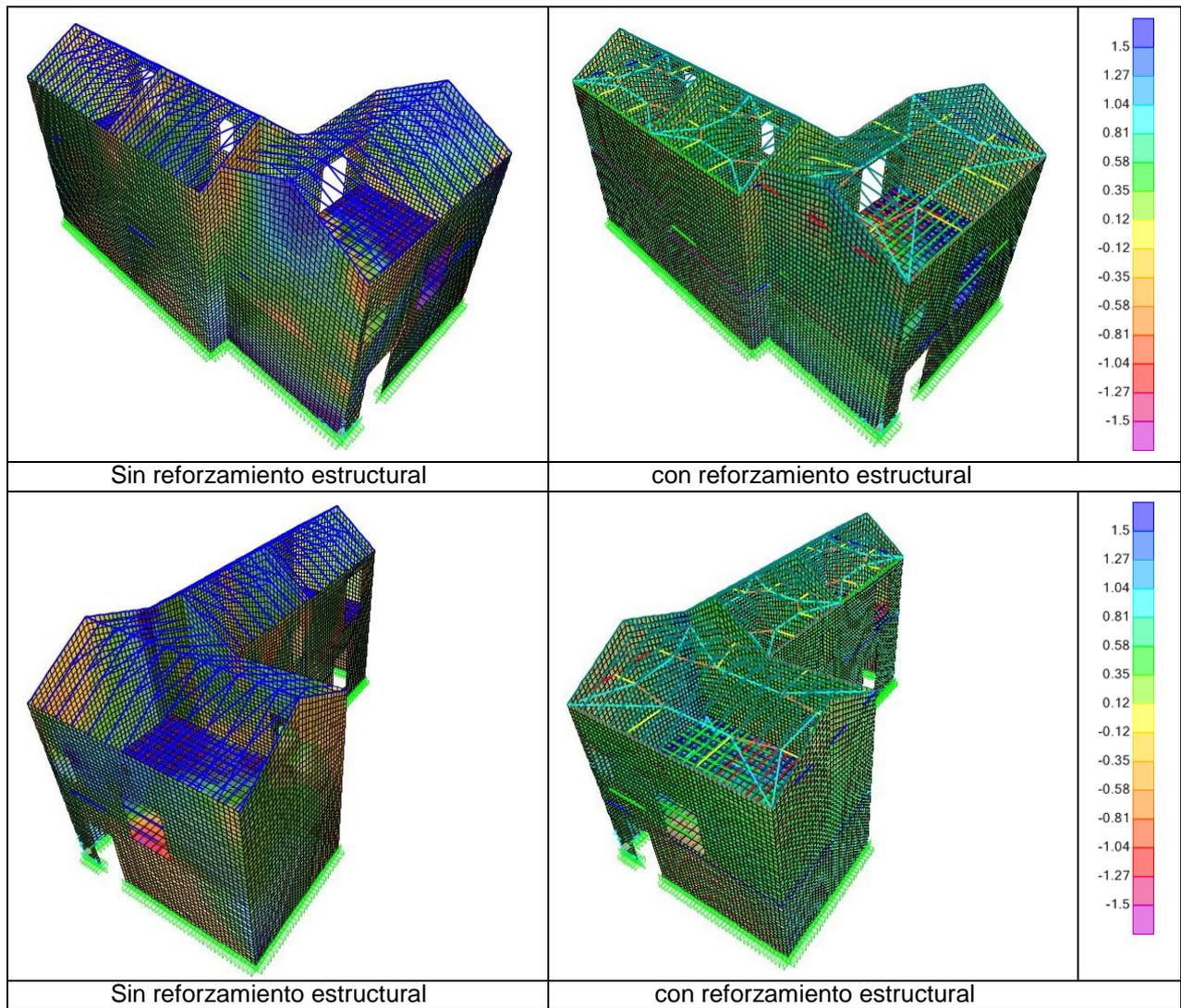
Fuente: elaboración propia

Tabla N° 16: Cuadro de resumen de desplazamientos en Sismo Y-Y.

Desplazamientos en Sismo en Y-Y (cm)			
Descripción	Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Diferencias
Entrepiso Viga collar -M2	0.57	0.49	0.08
Entrepiso Viga collar -M10	0.70	0.63	0.07
Techo Viga collar – M20	1.59	1.30	0.29
Típano M20	2.37	1.89	0.48

Fuente: elaboración propia

Figura N° 39: Diagrama de esfuerzos máximos para sismo X-X y sismo Y-Y



Fuente: elaboración propia.

Tabla N° 17: Cuadro de resumen de máximos esfuerzos en Sismo X-X.

Máximos esfuerzos en Sismo en X-X (kg/cm²)			
Descripción	Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Diferencias
Parte inferior del M3	0.57	0.49	0.08
Tímpano y M13	1.26	1.00	0.26
Parte inferior del M6	-0.22	-0.22	0.00
Parte superior del M16	1.00	0.18	0.82
Parte inferior del M9	-0.27	-0.21	-0.06
Parte superior del M19	2.00	0.18	1.82

Fuente: elaboración propia

Tabla N° 18: Cuadro de resumen de máximos esfuerzos en Sismo Y-Y.

Máximos esfuerzos en Sismo en Y-Y (kg/cm²)			
Descripción	Sin reforzamiento	Con reforzamiento	Diferencias
Parte inferior del M2	-0.18	-0.16	-0.02
Parte inferior del M12	1.05	0.21	0.84
Parte inferior del M10	-0.31	-0.31	0.00
Tímpano y M20	0.85	0.73	0.12

Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

(Fernández, 2009) sostiene en la tesis titulada “Sistemas de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región Cusco”, para evitar el colapso, una alternativa podría ser el uso de tensores de acero que incremente la compresión y evite el incremento de la masa de la torre, también la inclusión de llaves y viga collar de madera el cual no rigidiza significativamente la estructura bajo cargas de gravedad, tanto los muros como los contrafuertes de la iglesia no van presentar fallas por compresión, por lo tanto, coincidimos que con los reforzamientos estructurales se tiene una mejor respuesta estructural de los inmuebles históricos debido a las disminuciones de los máximos esfuerzos y desplazamiento ante cargas de servicio y sísmicas. Por lo tanto, se acepta la hipótesis general que establece que *mediante la técnica de reforzamiento estructural es capaz de proporcionar mayor resistencia y rigidez ante cargas de servicio y sísmicas a la casona colonial del centro histórico del Cusco*, además que tiene coherencia con el objetivo general de la *propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del centro histórico del Cusco*, puesto que se cumplió con dicho objetivo.

La normas técnicas peruanas (NTP) como son la E.030 (diseño sismorresistente) y E.080 (diseño y construcción con tierra reforzada) consideran según el mapa de zonificación sísmica la zona 2 donde se encuentra la ciudad de Cusco de 0.25g y 0.15g respectivamente, coincidimos que mediante el método determinístico donde se tiene presente las fallas geológicas (falla Tambomachay) de la zona de estudio, el resultado obtenido es de 0.280g siendo mayor con respecto a los valores encontrados en las normas mencionadas, por lo tanto consideramos el mayor valor por ser el más crítico para el modelamiento numérico de la casona colonial, por consiguiente, se acepta la hipótesis específica de *las estimaciones dadas mediante los métodos probabilístico y determinístico son mayores con respecto las normas E.030 (diseño sismorresistente) y E.080 (diseño y construcción con tierra reforzada) para el peligro sísmico de la zona que enmarca el centro histórico del Cusco*, además que tiene coherencia con el objetivo específico de *realizar el análisis del peligro sísmico de la zona que enmarca el centro histórico del Cusco*, puesto que se cumplió con dicho objetivo.

Sostienen (Pongo, 2014) en su tesis titulado (Propuesta para determinar el reforzamiento de edificaciones existentes) y (E. Leroy Tolles, 2005) en su libro (The Getty Conservation

Institute, Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe), indicando que la vulnerabilidad según el daño estructural que presentan la casona pueden ser determinantes para el análisis numérico, donde coincidimos que se debe de realizar los diagnósticos antes de una intervención para conocer su calidad y estado de los elementos estructurales, como se encontró en la casona colonial fisuras verticales y diagonales superficiales, los cuales no comprometen la continuidad del elemento estructural, por lo tanto, se acepta la hipótesis específica de *los tipos de daños estructurales que presenta la casona colonial son relevantes para el modelamiento numérico*, además que tiene coherencia con el objetivo específico de *determinar el daño estructural existente en los muros portantes de la casona colonial del Centro históricos del Cusco*, puesto que se cumplió con dicho objetivo.

(QUISPE, 2014) sostiene en su tesis titulada (ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL LINEAL Y NO LINEAL DEL MONUMENTO HISTÓRICO “TEMPLO DE MISKA”, PARA VERIFICAR LOS DAÑOS OCURRIDOS POR EL SISMO DE PARURO (CUSCO) EN SETIEMBRE 2014), que hace uso de cuadros para las propiedades del adobe y piedra, el cual coincidimos que a partir de cuadros correlacionales se pueden determinar las propiedades físico-mecánica de los materiales, de los cuales mediante los ensayos realizados en laboratorio de compresión uniaxial de los cubos prismáticos de 10x10x10 cm³ se obtuvo un promedio 8.47 kg/cm² de las tres muestras extraídas en representación de los muros de adobe del cual se pudo determinar mediante la correlación de cuadros obteniendo para el módulo de elasticidad: 1172.68 kg/cm² y módulo de poisson de 0.20, por lo tanto, se acepta la hipótesis específica para *determinar las propiedades del físico-mecánicas del adobe se hacen uso de cuadros correlativos*, además que tiene coherencia con el objetivo específico de *determinar las propiedades físico- mecánicas de los materiales de la casona colonial del centro histórico del Cusco*, puesto que se cumplió con dicho objetivo.

Sostienen (Clara Milena Pico Rodríguez, 2018) en su tesis titulada (Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones en patrimonio cultural caso Bogota D.C) y (Hernandez, 2013) en su tesis titulada (Recomendaciones generales para la consolidación sismo-resistente de edificaciones coloniales en la antigua Guatemala), que para alcanzar las condiciones óptimas del estado del inmueble es imposible, ya que estas estructuras fueron construidas en otra época por lo tanto no podrá cumplirse con los

parámetros establecidos en las normas actualizadas, del cual, no se acepta la hipótesis específica para el *cumplimiento de los parámetros establecidos en la norma E.030 (diseño sismorresistente) de las deformaciones por distorsión y de los esfuerzos a compresión y tracción de la casona colonial ante cargas estáticas y sísmicas*, además que tiene coherencia con el objetivo específico de *Estimar los esfuerzos y deformaciones bajo cargas estáticas y sísmicas de los elementos estructurales de la casona colonial del centro histórico del Cusco en su estado actual y con la técnica de reforzamiento propuesto.*

VI. CONCLUSIONES

- 1.- La presente tesis propuesta técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del centro histórico del Cusco, cumple con el propósito de las cartas internacionales recomendadas por ICOMOS – UNESCO que sean no invasivas y de fácil desmontaje y del control de las deformaciones y esfuerzos de los muros de adobe, por lo tanto el tipo el sistema de reforzamiento estructural de tensores de acero “diafragma de diamante” es aplicable en conjunto con la viga collar.
- 2.- Para el análisis de peligro sísmico que enmarca la zona de Cusco que se realizó en esta tesis mediante el método determinístico el cual considera las fallas geológicas de la zona de estudio, se obtuvo un coeficiente sísmico de 0.28g siendo mayor con respecto a lo que nos indica en la norma sismorresistente E.030 de 0.25g y la norma de adobe E.080 de 0.15g para el análisis numérico.
- 3.- Para diagnóstico realizado para la casona colonial, se observó una falla tipo fisura vertical y diagonal superficial el muro m11 siendo un dato irrelevante para el modelamiento numérico.
- 4.- Para determinar las propiedades físico- mecánicas de los materiales de la casona colonial siendo realizados mediante ensayos uniaxiales de los 3 cubos prismáticos de 10x10x10 cm³, con promedio de 8.47 kg/cm², y mediante la correlación de cuadros propuestos para este tipo de material se obtiene el módulo de elasticidad: 1172.68 kg/cm² y módulo de poisson: 0.20 kg/cm².
- 5.- Para determinar los esfuerzos y deformaciones bajo cargas estáticas y sísmicas de los elementos estructurales de la Casona Colonial del Centro Histórico del Cusco en su estado actual y con la técnica de reforzamiento, se observó baja disminución en las deformaciones lo que no altera significativamente la rigidez de los muros de adobe y hay una mejor redistribución de los máximos esfuerzos.

VII. RECOMENDACIONES

- 1- Se recomienda hacer un análisis no lineal para este tipo de estructuras.
- 2- Se recomienda que se siga haciendo estudios referidos a estos temas de reforzamientos estructurales para la conservación de lugares o inmuebles con valor histórico.
- 3- En el caso de las casonas al ser tratadas bajo estos códigos, presenta un trabajo de mayor complejidad, debe aceptarse el uso de una tecnología mejorada (métodos no destructivos) para los diagnósticos, y no contar solo en hacer una inspección visual, deben incluir alternativas que incorporen a la estructuras, un refuerzo reversible adicional de diseño especial y que sean compatibles de acuerdo a las normas y principios de restauración, permitiendo la garantía de la estabilidad de la estructura (sin colapsar) en zonas de actividad sísmica.
- 4- Se recomienda realizar análisis de peligro sísmico para el lugar de estudio.

REFERENCIA

- Bonilla, J. A. (2004). Consideraciones que deben tenerse en cuenta para la restauración arquitectónica. En 106.
- Calvo, S. A. (s.f.). FUENTES CRONICAS "LA TRAZA URBANA DE LA CIUDAD INCA".
- Carta de Cracovia. (2000). Conservación y restauración del patrimonio construidos.
- Carta de Venecia. (1964). CARTA INTERNACIONAL SOBRE LA CONSERVACION Y LA RESTAURACION DE MONUMENTOS Y SITIOS.
- Carta de Washington. (1987). Conservación de ciudades históricas y áreas urbanas históricas.
- Carta Europea del Patrimonio Arquitectónico. (1975). Patrimonio Arquitectónico.
- Claudia Cancino, S. F. (2014). Estudio de daños historicos de tierra despues del terremoto del 15 de agosto del 2007 en Pisco, Perú. Perú.
- Davila, D. T. (2003). Caracterización de daños en construcciones de adobe.
- E. Leroy Tolles, E. E. (2005). Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe . Los Angeles, California.
- Fabrice Cotton, F. S. (2018). Criteria for Selecting and Adjusting Ground-Motion Models for Specific Target Regions: Application to Central Europe and Rock Sites.
- Fernando Peña Mondragón y Paulo B. Lourenço. (2012). Criterios para el refuerzo antisísmico de estructuras históricas. Criterios para el refuerzo antisísmico de estructuras históricas, 3.
- Frederick A. Webster, E. L. (1996). Survey of Damage to Historic Adobe Buildings After the January 1994 Northridge Earthquake. Los Angeles.
- Hayakawa Casas, J. (2012). Restauo UNI. Breve antología de textos de restauración del patrimonio monumental edificado. LIMA: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Hemando Tavera, I. B. (2014). Re-evaluación del peligro sísmico probabilístico para el Perú. instituto geofísico del Perú, 19.
- Juan C. Rivera Torres, Edgar E. Muñoz Diaz. (s.f.). Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 5(2). Obtenido de CARACTERIZACIÓN

ESTRUCTURAL DE MATERIALES DE SISTEMAS:

https://www.scipedia.com/wd/images/a/a0/Draft_Content_834010676Rivera-Torres_Munoz-Diaz.pdf

Kramer, S. L. (1996). Geotechnical Earthquake Engineering. BILL STENQUIST.

Lourdes Gutiérrez, T. M. (2003). CARACTERISTICAS SÍSMICAS DE LAS CONSTRUCCIONES DE TIERRA EN EL PERU: CONTRIBUCIÓN A LA ENCICLOPEDIA MUNDIAL DE LAS CONSTRUCCIONES DE VIVIENDA. XIV CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA CIVIL - IQUITOS 2003, 10.

Mario P. Moran Proaño, O. A. (2017). Comportamiento Sísmico de los Muros de Adobe en Edificaciones Patrimoniales. Revista Cubana de Ingeniería Vol. VIII, No.2, 18 - 28.

Ministerio de Cultura del Perú, Textos internacionales para su conservación, protección, difusión y repatriación. (s.f.). Documentos Fundamentales para el Patrimonio Cultural., (pág. 412).

Ministerio de vivienda, c. y. (2006). Ministerio de vivienda, construcciones y saneamiento de la Norma Legal de Reglamentos Nacionales de Edificaciones. Ministerio de vivienda, construcciones y saneamiento de la Norma Legal de Reglamentos Nacionales de Edificaciones.

Minke, G. (2001). MANUAL DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDAS ANTISÍSMICAS DE TIERRA.

NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCION CON TIERRA REFORZADA. (7 de abril de 2017). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. El Peruano, págs. 1-24.

NORMA TÉCNICA E.030 "DISEÑO SISMORRESISTENTE". (2018). REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES.

NORMA TÉCNICA E.020 "CARGAS" (2006) . REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES.

Swieciochowski, S. (2009). EVALUACION DE VALORES ARQUITECTONICOS.

ALMANZA, J & ESPAÑA, E. (2009). Resistencia estructural empírica de la mampostería. Revista Educación en Ingeniería, 142-154.

- ALVAREZ, D. (2006). La investigación científica en la conservación de monumentos de canteras. Alta universitaria.
- Arciniegas, W. P. (2009). Formulación del plan de conservación e intervención física del templo del sagrado corazón de Jesús o catedral de Pasto. NARIÑO – COLOMBIA.
- blondet_2004:EARTHQUAKE RESISTANT EARTHEN BUILDINGS,
http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_2328.pdf
- Jurina Lorenzo (2016). Forte di fuentes a colico, un consolidamento in itinere
 Torres_Munoz-Diaz.pdf,
https://www.scipedia.com/wd/images/a/a0/Draft_Content_834010676Rivera-
- B. Lourenço, G. Karanikoloudis & F. Greco (2016) -In situ testing and modeling of cultural heritage buildings in Peru
- Parlona Eduar , (2014) Una propuesta para determinar el reforzamiento de edificaciones existentes
- Esquivel, Yhosimi (2009) Sistema de reforzamiento estructural en monumentos históricos de la Región de Cusco
- López, Edgar (2013) Recomendaciones generales para la consolidación sismo-resistente de edificaciones coloniales en la antigua Guatemala
- Maman, Roosevelt (2014) Estudio comparativo del comportamiento estructural lineal y no lineal del monumento histórico “Templo de Miska”, para verificar los daños ocurridos por el sismo de Paruro (Cusco) en setiembre de 2014
- Pico, Clara (2018) Estado del arte de metodologías de reforzamiento estructural en edificaciones de patrimonio cultural caso Bogotá D.C
- Tarque, R. S. (2008). SEISMIC RISK ASSESSMENT.
- Torrealva Dávila, D. (2009). COMPORTAMIENTO Y EVALUACION SISMICA DE CONSTRUCCION DE ADOBE. CONFERENCIA-TALLER CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO, (pág. 1). CUSCO.
- Vargas Neumann, J., Iwaki, C., & Blondet, M. (2009). REPARACION DE CONSTRUCCIONES PATRIMONIALES DE TIERRA EN AREAS SISMICAS. CONFERENCIA-TALLER CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO, (pág. 6). CUSCO.

Montesinos Escobar Mijael (2016). CARACTERIZACION MECANICA DE COMPONENTS ETRUCTURALES EN CONSTRUCCIONES ARQUEOLOGICAS DE TIERRA: EL CASO DE HUACA DE LA LUNA. SAN MIGUEL – PERU.

ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia.

Tabla N° 19 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: PROPUESTA DE TÉCNICA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONTROLAR ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA CASONA COLONIAL DEL CENTRO HISTÓRICO CUSCO – 2020

AUTOR: Bach. Escobar Chauca Bening Junior y Rivera Chambi

PROBLEMA GENERAL:	OBJETIVO GENERAL:	HIPOTESIS GENERAL:	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METOLOGIA
¿Cuál es la técnica de reforzamiento estructural para controlar los esfuerzos y deformaciones de la casona colonial del centro histórico de Cusco?	Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar esfuerzos y deformaciones de la Casona Colonial del Centro Histórico del Cusco.	La técnica de reforzamiento estructural es capaz de proporcionar mayor resistencia y rigidez ante cargas de servicio y sísmicas a la casona colonial del centro histórico del Cusco	INDEPENDIENTE Técnica de reforzamiento estructural	1. Peligro sísmico de la zona que enmarca el Centro Histórico del Cusco. 2. Configuración geométrica de la planta y elevación de la casona colonial. 3. Características y propiedades de los materiales que constituyen la casona colonial.	1.-Aceleración máxima horizontal del suelo. 2.- Planos de la casona colonial. 3.- Rotura de los cubos prismáticos del adobe	Enfoque: Cuantitativo Tipo de investigación: Aplicativo Diseño de investigación: Experimental
PROBLEMA ESPECIFICOS:	OBJETIVO ESPECIFICOS:	HIPOTESIS ESPECIFICOS:				
1.- ¿Cuál es la estimación del Peligro Sísmico de la zona que enmarca el Centro Histórico del Cusco? 2.- ¿Cuáles son los registros de los daños estructurales que presenta los muros portantes de la Casona Colonial del Centro Histórico del Cusco? 3.- ¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas del adobe que se tiene en la Casona Colonial de la Calle San Vicente del Centro Histórico del Cusco? 4.- ¿Cuáles son las estimaciones de las deformaciones y esfuerzos de los elementos estructurales de la Casona Colonial en estudio ante cargas estáticas y sísmicas?	1.-Realizar el análisis del peligro sísmico de la zona que enmarca el centro histórico del Cusco. 2.Determinar el daño estructural existente en los muros portantes de la casona colonial del Centro históricos del Cusco. 3. Determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales de la casona colonial del centro histórico del Cusco. 4. Estimar los esfuerzos y deformaciones bajo cargas estáticas y sísmicas de los elementos estructurales de la casona colonial del centro histórico del Cusco en su estado actual y con la técnica de reforzamiento propuesto.	1. Las estimaciones dadas mediante los métodos probabilístico y determinístico son mayores con respecto a las Normas E.30 (diseño sismorresistente) y E.0.80 (diseño y construcción de tierra) para el peligro sísmico que enmarca en centro histórico de Cusco. 2. Los tipos de daños estructurales que presenta la casona colonial son relevante para modelamiento numérico. 3. Determinar las propiedades físico – mecánicas del adobe se hacen el uso de cuadros correlativos. 4. Cumplimiento de los parámetros establecidos en la norma E.0.30 (diseño sismorresistente) de las deformaciones por distorsión y de los esfuerzos a compresión y tracción de la casona colonial ante cargas estáticas.	DEPENDIENTE Esfuerzos y Deformaciones de la casona colonial.	1. Esfuerzos en los muros portantes. 2. Deformaciones de los muros portantes.	1.- Resistencia de los elementos estructurales. 2.- Fuerzas internas de los elementos estructurales.	

Anexo 2 Matriz de operacionalización de variables.

Tabla N° 20 MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TÍTULO: PROPUESTA DE TÉCNICA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONTROLAR ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA CASONA COLONIAL DEL CENTRO HISTÓRICO CUSCO – 2020

AUTOR: Bach. Escobar Chauca Bening Junior y Rivera Chambi

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE Técnica de reforzamiento estructural.	Son elementos utilizados en las secciones existente para dotar de una mayor capacidad ante cargas de servicio y sísmicas.	Producen de esta manera un incremento de capacidad estructural (Soporte antiguo + Refuerzo).	Peligro sísmico de la zona que enmarca el Centro Histórico del Cusco.	Aceleración máxima horizontal del suelo.	Fórmulas: Patwardhan y Slemmos Software: R-CRISIS v18.4	• gals o cm/s ²
			Configuración geométrica de la planta y elevación de la casona colonial.	Planos de la casona colonial.	Equipos de Medición: Estación total South n7 2018	• m.
			Características y propiedades de los materiales que constituyen la casona colonial.	Rotura de los cubos prismáticos del adobe	Ensayo de Compresión Uniaxial	• kg/cm ²
DEPENDIENTE Esfuerzos y Deformaciones de la casona colonial.	Esfuerzo: fuerzas internas de un elemento Deformación: la resistencia del material	Son las fuerzas internas y de resistencia que tienen los elementos estructurales ante las cargas de servicio y sísmicas.	Esfuerzos en los muros portantes.	Resistencia de los elementos estructurales.	Software: Sap2000 v21.0	• cm
			Deformaciones de los muros portantes.	Fuerzas internas de los elementos estructurales.	Software: Sap2000 v21.0	• kg/cm ²

Anexo 3 Ficha de validación de juicio de expertos.

FICHA DE VALIDACIÓN

TÍTULO: PROPUESTA DE TÉCNICA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONTROLAR ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA CASONA COLONIAL DEL CENTRO HISTÓRICO CUSCO – 2020

AUTORES: Bach. Escobar Chauca Bening Junior y Rivera Chambi Elisban

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	VALIDEZ DEL JUICIO DE EXPERTOS		
				INGENIERO N°1	INGENIERO N°2	INGENIERO N°3
INDEPENDIENTE Técnica de reforzamiento estructural	Peligro sísmico de la zona que enmarca el Centro Histórico del Cusco.	Aceleración máxima horizontal del suelo.	Fórmulas: Phatwardan y Slemnos Software: R-CRISIS v18.4	0.80	0.81	0.84
	Configuración geométrica de la planta y elevación de la casona colonial.	Planos de la casona colonial.	Equipos de Medición: Estación total South n7 2018	0.83	0.79	0.85
	Características y propiedades de los materiales que constituyen la casona colonial.	Rotura de los cubos prismáticos del adobe	Ensayo de Compresión Uniaxial	0.84	0.85	0.87
DEPENDIENTE Esfuerzos y deformaciones	Deformaciones de los muros portantes.	Resistencia de los elementos estructurales	Software: Sap2000 v21.0	0.78	0.77	0.76
	Esfuerzos en los muros portantes.	Fuerzas internas de los elementos estructurales.	Software: Sap2000 v21.0	0.79	0.83	0.84
INTERPRETACIÓN DEL VALOR DE LA VALIDEZ (Según Hernández, 2014)			Sumatoria *			
Valor de la validez obtenida	Interpretación			4.04	4.05	4.16
De 0 a 0.60	Inaceptable		Sumatoria/ (n° de instrumentos) *	0.81	0.81	0.83
Mayor a 0.60 y menor o igual que 0.70	Deficiente					
Mayor a 0.70 y menor o igual que 0.80	Aceptable		Promedio de la validez obtenida *	0.82		
Mayor a 0.80 y menor o igual que 0.90	Buena					
Mayor a 0.90	Excelente					


Daniel Montayo Mermontoy
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 64689
INGENIERO N°1


José Luis Montayo Borda
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 234913
INGENIERO N°2


Wladimir Montesinos Escobar
 Ing. CIVIL
 CIP N° 126189
INGENIERO N°3

DANIEL MONTAYO MERMONTOS
 CIP: 64689

Anexo 4 Validacion de los instrumentos.

CERTIFICADO

EL QUE SUSCRIBE, Ing. ABELARDO ABARCA ANCORI

“GERENTE DE LA EMPRESA GEOTEST PERU SAC.”

La empresa GEOTEST PERU SAC, es una empresa dedicada a la realización de ensayos de laboratorio y campo en Geotecnia, Vías terrestres, Control de Calidad de Materiales y Obras Civiles, con RUC 20490192205 y licencia de funcionamiento Nro. 0003354, con domicilio Legal en la Ciudad del Cusco, Urb. Quispicanchis Av. Brasil C-4.

HACE CONSTAR.

Que el Sr. Bening Junior Escobar Chauca identificado con DNI: 45832581 y el Sr. Elisban Rivera Chambi identificado con DNI: 46756680, han realizado ensayos de compresión uniaxial, desde el 21 al 22 de Febrero del Año 2020. Para el proyecto **Propuesta de técnica de reforzamiento estructural para controlar los esfuerzos y deformaciones de la Casona Colonial del Centro Histórico del Cusco - 2020**, se expide el presente certificado para los fines que viere convenientes.

Cusco 15 de Febrero del 2021



Abelardo Abarca Ancori
INGENIERO CIVIL
CIP. 63816

Anexo 6 Informe técnico: compresión uniaxial.



INFORME TÉCNICO

ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOBES

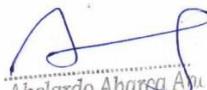


PROYECTO:

**PROPUESTA DE TÉCNICA DE
REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL
PARA CONTROLAR ESFUERZOS Y
DEFORMACIONES DE LA
CASONA COLONIAL DEL CENTRO
HISTORICO DEL CUSCO - 2020**

DISTRITO : CUSCO.
UBICACIÓN : CUSCO.
REGION : CUSCO.

PROFESIONAL RESPONSABLE:


Abelardo Abarsa Ay
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 6394

FEBRERO 2020



RESITENCIA A COMPRESION DE
ADOBES
NTP: 339.613

CODIGO : _____

REVISION : _____

PAGINA : _____

1 de 1

1.-DATOS GENERALES

PROYECTO:

"PROPUESTA DE TÉCNICA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONTROLAR
ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA CASONA COLONIAL DEL CENTRO HISTORICO DEL
CUSCO - 2020"

FECHA: FEBRERO 2020

2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN

DESCRIPCION: 03 ESPECIMENES DE ADOBE

3.-ENSAYOS REALIZADOS

Item.	Descripción	Dimensiones			Area cm ²	Volumen cm ³	Carga en kg.	Resistencia (kg/cm ²)
		Lado (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)				
1	Muestra 1	10.00	10.00	10.00	100	1000	810.00	8.10
2	Muestra 2	10.00	10.00	10.00	100	1000	840.00	8.40
3	Muestra 3	10.00	10.00	10.00	100	1000	890.00	8.90

Prom: 8.47


Abelardo Abasco
INGENIERO CIVIL
REG. CIP 6384

Laboratorio

Especialista en Geotecnia

www.geotestperu.com - Av. Brasil C-4 Urb. Quispinanchi CUSCO - (084) 239042 - 984423333 - RUC 20490192205

REGISTRO FOTOGRAFICO – RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOBES
PROYECTO: "PROPUESTA DE TÉCNICA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONTROLAR ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA CASONA COLONIAL DEL CENTRO HISTORICO DEL CUSCO – 2020"
UBICACIÓN: DISTRITO: CUSCO – PROVINCIA: CUSCO – REGIÓN CUSCO.



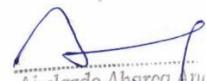
MUESTRA N° 01

Vista la muestra de adobe durante el Ensayo de Resistencia a la Compresión.



MUESTRA N° 01

Vista la muestra de adobe después el Ensayo de Resistencia a la Compresión.


Abelardo Absca Anu
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 63816

FEBRERO 2020

REGISTRO FOTOGRAFICO – RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOBES
PROYECTO: "PROPUESTA DE TÉCNICA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONTROLAR ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA CASONA COLONIAL DEL CENTRO HISTORICO DEL CUSCO – 2020"
UBICACIÓN: DISTRITO: CUSCO – PROVINCIA: CUSCO – REGIÓN CUSCO.



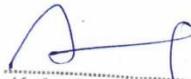
MUESTRA N° 02

Vista la muestra de adobe durante el Ensayo de Resistencia a la Compresión.



MUESTRA N° 02

Vista la muestra de adobe después el Ensayo de Resistencia a la Compresión.


Abelardo Abasco Onco
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. 63816

FEBRERO 2020

REGISTRO FOTOGRAFICO – RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ADOBES
PROYECTO: "PROPUESTA DE TÉCNICA DE REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL PARA CONTROLAR ESFUERZOS Y DEFORMACIONES DE LA CASONA COLONIAL DEL CENTRO HISTORICO DEL CUSCO – 2020"
UBICACIÓN: DISTRITO: CUSCO – PROVINCIA: CUSCO – REGIÓN CUSCO.



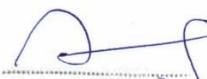
MUESTRA N° 03

Vista la muestra de adobe durante el Ensayo de Resistencia a la Compresión.



MUESTRA N° 03

Vista la muestra de adobe después el Ensayo de Resistencia a la Compresión.


Abelardo Abarca Arco
INGENIERO CIVIL
REG. CIR. 23816

FEBRERO 2020

Anexo 6 Panel fotográfico



FIGURA-01 ENSAYO DE LA PRIMERA MUESTRA DEL CUBO PRISMATICO



FIGURA-02 LEVANTAMIENTO DEL ENSAYO DE LA PRIMERA MUESTRA DEL CUBO PRISMATICO



FIGURA-02 ENSAYO DE LA TERCERA MUESTRA DEL CUBO PRISMATICO



FIGURA-05 CUBOS PRISMATICO DESPUES DEL ENSAYO A COMPRESION