



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

ANÁLISIS DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LAS
ESTRUCTURAS DE ADOBE DEL CENTRO HISTÓRICO DE
CAJAMARCA, 2021

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniera Civil

Autora:

Br. Monica del Carmen Sanchez Ruiz

Asesor:

Msc. Ing. Wiston Henry Azañedo Medina

Trujillo - Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres, Elio y Angélica, por ser mi pilar de vida, además de obsequiarme a lo largo de mi existencia todo el amor, comprensión y enseñanzas que necesitaba para llegar a ser la persona que soy ahora.

A mi hermano Renato, por su guía y apoyo incondicional, demostrándome su cariño y amistad en todos los momentos de mi vida.

A mi abuelita Tomasa, en el cielo, por brindarme todo su cariño, soporte y compañía durante los años que estuvo a mi lado.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado la vida y concederme la familia amorosa y unida que tengo, además de todas las bendiciones brindadas a lo largo de mi vida.

A mi padre, por ser una guía fija y constante en mi vida, por mostrarme desde la infancia lo que significaba ser Ingeniero Civil, transmitiéndome sus conocimientos y afición por la carrera; y sobre todo por creer en mí y en mis sueños.

A mi madre, por ser siempre un ejemplo de amor y dedicación, por todos sus consejos y la orientación que me dio a lo largo de mi existencia, demostrándome con ejemplos el significado de perseverancia, y sobre todo por enseñarme el significado de la vida.

A mi hermano mayor, por ser mi mejor soporte emocional, por siempre escuchar mis ideas, dudas o sueños y por siempre tener una palabra de aliento en momentos complicados.

A mis amigos, por brindarme su cariño y apoyo en todos los momentos vividos, ofreciéndome siempre su amistad ilimitada.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Antecedentes de la investigación	14
1.3. Bases teóricas.....	25
1.3.1. Cajamarca	25
1.3.1.1.Aspecto Geográfico.....	25
1.3.1.2.Aspecto Topográfico	27
1.3.1.3.Aspecto Geológico	27
1.3.1.4.Aspecto Socio Económico	28
1.3.1.5.Aspectos Ambientales.....	28
1.3.2. Centro Histórico.....	29
1.3.2.1.Centro Histórico de Cajamarca	29
1.3.3. Adobe	31
1.3.3.1.Historia	31
1.3.3.2.Definición.....	33
1.3.3.3.Causas de fallas y deterioro en muros de adobe	33
1.3.4. Estado de conservación de adobes	35
1.3.5. Resistencia a compresión en adobe	37
1.3.6. Densidad de muros	37
1.3.7. Esfuerzo cortante	38
1.3.8. Estabilidad de muros al volteo	38
1.4. Formulación del problema.....	39
1.5. Objetivos	39
1.5.1. Objetivo General.....	39
1.5.2. Objetivos Específicos	39
1.6. Hipótesis.....	40
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	41
2.1. Tipo de investigación	41
2.1.1. Por el propósito	41
2.1.2. Según el diseño de investigación.....	41
2.2. Diseño de investigación	41
2.3. Variables	42
2.3.1. Estado de conservación	42
2.3.2. Clasificación de variables	42
2.3.3. Operacionalización de variables	43

2.4. Población y muestra.....	44
2.4.1. Población.....	44
2.4.2. Muestra.....	44
2.4.2.1. Unidad de Análisis.....	44
2.4.2.2. Técnicas de muestreo.....	44
2.4.2.3. Tamaño de muestra.....	44
2.5. Técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos.....	45
2.5.1. Técnica de recolección de datos.....	45
2.5.2. Instrumento de recolección de datos.....	45
2.5.3. Análisis de datos.....	46
2.6. Procedimientos.....	46
2.6.1. Obtención de información.....	46
2.6.2. Redacción de fichas resúmenes.....	47
2.6.3. Procesamiento de datos.....	47
2.6.4. Evaluación del estado de conservación.....	47
2.6.5. Retroalimentación Final.....	47
2.7. Desarrollo.....	47
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	49
3.1. Resistencia máxima a compresión.....	49
3.2. Densidad de muros.....	50
3.3. Verificación de muros a esfuerzo cortante.....	52
3.4. Verificación de muros al volteo.....	53
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	54
4.1. Discusión.....	54
4.2. Conclusiones.....	58
4.3. Recomendaciones.....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1 Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación.....37
- Tabla 2 Diseño de investigación, transversal41
- Tabla 3 Clasificación de la variable42
- Tabla 4 Operacionalización de variables.....43
- Tabla 5 Estudios utilizados para el análisis45
- Tabla 6 Recopilación de datos sobre resistencia a la compresión de las estructuras de adobe49
- Tabla 7 Recopilación de datos sobre densidad de muros de las estructuras de adobe.....50
- Tabla 8 Recopilación de datos sobre número de muros que cumplen el esfuerzo cortante mínimo ..52
- Tabla 9 Recopilación de datos sobre la clasificación de muros según su estabilidad por volteo53
- Tabla 10 Cuadro comparativo del análisis de los estudios69
- Tabla 11 Matriz de Consistencia70

ÍNDICE DE FIGURAS

• Figura 1 Departamento de Cajamarca	26
• Figura 2 Plaza de Armas de Cajamarca.....	30
• Figura 3 Casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la ciudad de Cajamarca.....	32
• Figura 4 Teatro Cajamarca	32
• Figura 5 Causas y daños más comunes en muros de adobe.	35
• Figura 6 Gráfico de sector circular	46
• Figura 7 Estructura para el procedimiento para la realización de tesis	46
• Figura 8 Muros de adobe que cumplen con resistencia a compresión mínima	49
• Figura 9 Muros de adobe que cumplen con la densidad mínima	51
• Figura 10 Muros de adobe que cumplen con el esfuerzo a corte mínimo	52
• Figura 11 Estabilidad de muros de adobe	53
• Figura 12 Instrumento de recolección de datos	64
• Figura 13 Ficha resumen N° 01.....	65
• Figura 14 Ficha resumen N° 02.....	66
• Figura 15 Ficha resumen N° 03.....	67
• Figura 16 Ficha resumen N° 04.....	68

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en base a estudios ejecutados en la ciudad de Cajamarca. Se analizó el estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca. La investigación tuvo un diseño no experimental de tipo transversal, para la población se consideró los estudios sobre el estado de conservación de construcciones de adobe, el muestreo fue no probabilístico por conveniencia, se aplicó la técnica de recolección de datos de revisión documental y para el análisis de datos se empleó las nociones de la estadística descriptiva. Como problema central, se planteó, la existencia de un mal estado de conservación de las estructuras de adobe dentro del Centro Histórico. Los resultados demostraron que las construcciones analizadas no cuentan con un estado de conservación eficiente, y se evidenció que sus características físicas (resistencia a compresión y densidad de muros), además de su análisis por sismo (verificación de muros a esfuerzo cortante y verificación de muros al volteo), no cumplen con lo establecido en la norma E.080. De esta manera se concluyó mediante el análisis de las estructuras de adobe del Centro Histórico, que el 100% de estas presentan deficiencias en cuanto a su estado de conservación.

Palabras clave: Adobe, Estado de conservación, Centro Histórico.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las construcciones de adobe son importantes, debido a que, alrededor de la mitad de la población total del mundo reside o utiliza edificios de tierra, además de ser uno de los materiales de construcción más antiguos y conocidos por la humanidad. (Alam et al., 2015). Es aquí, donde radica el interés de conocer el estado de conservación de estas edificaciones, en especial las que cuentan con más años de vida útil, como las de los centros históricos.

En Ecuador, dentro del centro histórico de Cuenca, sus edificios patrimoniales tienen la característica principal de tener muros de adobe. Debido a esto, la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca generó un sistema que permite registrar daños, posibilitando tener conocimiento del estado actual de los muros de adobe de Cuenca. El producto final que se obtuvo, fueron indicadores medibles y las variables de cada uno de estos, dichos indicadores detallan de manera cualitativa y cuantitativa el estado constructivo de los muros. (M.-C. Achig et al., 2013)

En Colombia, tienen distintas investigaciones sobre el estado de conservación de estructuras de adobe; el artículo “Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra” revisa los principios y fundamentos de la teoría de conservación y su análisis desde la perspectiva de la arquitectura de tierra. Aborda el patrimonio cultural, exponen doctrinas sobre principios de restauración, las cartas internacionales y la teoría de Brandi. Se abordan algunas patologías y diagnósticos, así como determinadas metodologías de trabajo y, por último, los planes de gestión del patrimonio. (Correia, 2009).

En Cuba, las construcciones en tierra con valor patrimonial han sido reconocidas como un prototipo único de construcción, cuyo comportamiento y estado de conservación

necesita ser analizado para su protección. Para esto, la revista Cubana de Ingeniería, publicó un estudio que proyecta nuevas formas de comprender y analizar el comportamiento sísmico de las edificaciones de adobe, teniendo como base su estado actual de fisuración y degradación.(Proaño Morán & Álvarez Rodríguez, 2017).

En el Perú, la época colonial se caracterizó también por el uso primordial y extensivo de la construcción con tierra. Durante la colonia, los españoles realizaron importantes obras de mampostería de adobe. (Blondet et al., 2011). Debido a que nuestro país, está ubicado en una zona activamente sísmica, es que las edificaciones, están sujetas frecuentemente al ataque de los sismos; además del desgaste producido por el tiempo; es por ellos que nosotros debemos de proteger nuestras edificaciones, para evitar que está colapse totalmente y por ende la vida humana sea salvada. (Zelaya Jara, 2008).

Según el Censo Nacional de Población y Vivienda del 2017 realizado por el INEI, la región Cajamarca tiene un total de 264 310 casas de adobe; dentro de las cuales se encuentran las edificaciones ubicadas en el centro histórico de la ciudad.

Dentro del Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú, se encuentra el Código Peruano de Adobe E.080 vigente, el cual aporta conocimientos sobre la construcción de albañilería, mostrando sus características, comportamiento y diseño, teniendo como unidad al adobe simple o estabilizado. Con esta norma se busca la mejora para el sistema constructivo con adobe, partiendo de la realidad actual en las construcciones, dentro de la costa y sierra del Perú.

Choez & Mora (2019) en su artículo “Mantenimiento de edificaciones vernáculas, sistema constructivo en tierra –adobe (estudio de caso La Tola –Píntag)”;

concluyen que el análisis realizado permite entender que las construcciones de adobe existentes en La Tola necesitan ser recuperadas ya que se estima tienen un deterioro moderado extenso

y pone en riesgo la seguridad de sus propietarios que en muchos casos son adultos mayores.

Vila-Chã (2017) en su tesis demuestra que, los índices de vulnerabilidad hallados en estas edificaciones son índices que se clasifican en una clase de fragilidad media para las Iglesias San Pedro Apóstol y San Juan Bautista y alta para la Iglesia San Sebastián. Según la definición de zona, zona 2 para Cusco, y la clase de fragilidad se determina el daño esperado. Se verifica que ninguna iglesia cumple con los requisitos para sismos frecuentes, San Pedro Apóstol y San Juan Bautista cumplen para sismos ocasionales y todas las iglesias en estudio cumplen para sismos raros donde el objetivo pasa por sufrir daño fuerte.

Todos estos estudios nombrados y citados anteriormente, brindan una clara muestra de la importancia y relevancia que tiene la evaluación del estado de conservación de las estructuras de adobe, independientemente de la metodología que se utilice; como, por ejemplo, la evaluación por sistemas de registros de daños, la evaluación por análisis de pruebas de campo o por incluso la aplicación de metodologías de evaluación visual.

Achig et al. (2013) concluye su investigación proponiendo el diseño de un sistema para registrar daños y con esto, obtener un diagnóstico del estado constructivo de muros de adobe, siendo este un paso esencial la conservación de los mismos, en particular de la ciudad de Cuenca. Se enfoca el tema de daños con una visión preventiva. Si se conocen los factores relacionados con un daño, así como su posible evolución, se podrá intervenir antes de que llegue a un punto crítico o de colapso; así también, el sistema propuesto establece condiciones para implementar procesos de monitoreo y control. La presente investigación constituye una herramienta que apoya a la conservación y gestión del patrimonio, ayudando al gestor en la toma oportuna de decisiones. El sistema alerta cuando se debe actuar, especialmente en condiciones críticas.

Después de observar todos estos estudios e investigaciones, podemos plantear como problema central, la existencia de un mal estado de conservación de las estructuras de adobe, este problema está presente en varias partes del mundo, donde aún se pueden observar el uso de estas construcciones, en la actualidad se tiene como realidad el poco interés en analizar el estado de conservación de las estructuras de adobe. No obstante, para abordar la situación problemática planteada, primero es necesario identificar cuáles son las causas que dan origen a este problema.

Existen distintas causas que producen el mal estado de conservación de las estructuras de adobe, además se debe de considerar que una causa o un factor de deterioro raramente actúa de manera aislada. Hay que considerar siempre varias fuentes de deterioro combinadas, que se van sumando en una cadena de impactos dañinos o efecto dominó. Podemos separar dos grupos de causas que a menudo actúan conjuntamente: las causas naturales y las causas humanas.

Las causas humanas generan habitualmente una aceleración de los procesos de deterioro por causas naturales. Por ejemplo, la falta de mantenimiento de un sistema de drenaje puede generar una cascada de fenómenos destructivos, empezando por la erosión de las bases de los muros debida a la acumulación de agua de lluvia. Si esta situación permanece, la pérdida de resistencia de la base del muro por falta de cohesión puede llevar hasta el colapso del mismo.

Otros factores de degradación por causas humanas vienen dados por errores de diseño o de ejecución de los inmuebles. Estos errores afectan a la durabilidad del edificio y pueden generar daños importantes. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador, 2015)

Según el Manual de Terreno de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (2012) de Chile, el tiempo también puede generar distintas afectaciones o causas de deterioro para

las estructuras de adobe, y estas se presentan mediante distintas manifestaciones particulares asociadas a distintos tipos de origen, entre estas tenemos; los efectos de la humedad, los agentes abióticos presentados en el ambiente, presentación de asentamientos y/o deformaciones, existencia de fisuras o grietas e incluso la presencia de desplomes o desniveles.

El presente estudio se basa en el principio de poder analizar estudios existentes que nos ayuden a determinar el estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca. Para esto, es necesario comprender que el Centro Histórico de Cajamarca fue inscrito en la Lista Indicativa del Patrimonio Mundial de la Convención de UNESCO de 1972 como bien cultural en el año 2002. (Ministerio de Cultura, s. f.).

Por este grado de importancia que tiene para el mundo el Centro Histórico, es sustancial poder contar con un registro de evaluación del estado de conservación de sus estructuras de adobe, para que con esto se pueda originar distintos planes de conservación y mantenimiento para las mismas. Si bien es cierto, existen trabajos de investigación de estas estructuras, sin embargo, estos se centran en evaluaciones de las construcciones, pero de manera individual, y lo que se necesita es poder analizar de manera conjunta, para obtener de manera global resultados que nos permitan determinar el estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico de Cajamarca.

De no generarse este nuevo estudio, se seguiría en un estado de desconocimiento sobre cuál es la verdadera condición de estas estructuras de adobe, además de esto, existe la posibilidad de encontrar estructuras en mal estado y al desconocer esta situación, se elimina completamente la posibilidad de poder implantar e implementar medidas de solución, generando en el peor de los casos problemas de pérdidas de estas estructuras, y estas a su vez generarían pérdidas culturales, ya que el área del Centro Histórico de

Cajamarca representa un testimonio excepcional de la cultura andina e hispana, expresada mediante sus edificaciones.

1.2. Antecedentes de la investigación

“Aplicación del sistema para evaluar el estado constructivo en muros de adobe”

Achig & Abad (2015) En el Centro Histórico de Cuenca, las edificaciones patrimoniales, y estas tienen como elementos comunes los muros de adobe, mismos que son susceptibles de amenazas de origen natural y antrópico, produciendo su deterioro con el tiempo. Para la conservación de los muros, resulta necesario conocer su estado constructivo. Para esto, el proyecto vlrCPM de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de Cuenca, del año 2013, realizó una investigación para proponer un sistema de registro de daños y determinar la condición de los muros de adobe, todo esto basado en la determinación de indicadores medibles y sus respectivas variables, para esto se sintetizó en una matriz de priorización y ponderación, mediante la cual se aplicó un sistema multivariado que permite tener un indicador integral que califica la condición del muro. Este indicador refleja la urgencia de intervención, además del tipo de intervención requerida o acciones de monitoreo para la conservación. La presente investigación tiene por objeto comprobar si el sistema de evaluación propuesto constituye un aporte y tiene una aplicación práctica para abordar la problemática de intervención. El sistema se aplicó en varias edificaciones de adobe de la ciudad de Cuenca. Los resultados y conclusiones permiten comprobar, si el método matemático planteado tiene validez y posibilita tener una visión integral del estado de daños, y al mismo tiempo brindar mayor seguridad al momento de la toma de decisiones que permitan la conservación de la estructura. La determinación del Indicador Integral del Estado Constructivo de Muro de Adobe (IEMA) constituye una herramienta que permite un acercamiento para evaluar la condición de los muros que puede ser manejada por

personal no especializado en el tema de la conservación, pero relacionados con la gestión de los sitios patrimoniales. Complementariamente se necesita el apoyo de técnicos con experiencia que puedan calificar el porcentaje de afección existente en el bien. La calificación del muro de adobe determinada a través del IEMA, refleja cinco estados de afección: Muy alta, Alta, Media, Baja y Sin afección: estos valores ayudan a establecer recomendaciones de actuación que pueden depender del caso y podrán ser urgentes o a mediano y largo plazo. Implementándose así acciones para la conservación de la construcción patrimonial. (pág. 11).

El aporte que brinda esta investigación, permite obtener un conocimiento adicional sobre métodos de evaluación el estado constructivo de muros de adobe, se puede observar cómo en este estudio tienen resultados significativos al momento de aplicar dichas metodologías. La aplicación de la calificación por el índice IEMA, es un aporte muy efectivo debido a que gracias a este podemos determinar claramente el estado de los muros en las estructuras de adobe.

“Mantenimiento de edificaciones vernáculas, sistema constructivo en tierra – adobe (estudio de caso La Tola – Píntag)”

Choez & Mora (2019) La arquitectura vernácula forma parte del patrimonio de Ecuador, puesto que constituye una muestra de la cultura de las comunidades asentadas en espacios geográficos diversos, cuyos conjuntos arquitectónicos tienen autenticidad. La investigación realizada en la comunidad La Tola perteneciente a Píntag, parroquia rural de Quito, muestra una agrupación particular de edificaciones que son el resultado de la aplicación de técnicas constructivas tradicionales cuyos materiales utilizados son la piedra y/o cangahua en sus cimientos, mampostería de adobe además cubiertas de teja de barro cocida. Construidas hace más de 60 años han soportado las inclemencias del tiempo, además estas han conformado un paisaje único poco interrumpido por nuevas

construcciones de hormigón armado. Este trabajo de investigación y análisis ha seguido un proceso metodológico que identifica las causas y problemas que se presentan en los elementos constructivos de las estructuras, además se propone alternativas de mantenimiento preventivo y correctivo de fácil aplicación con un costo moderado. La investigación fue realizada en cinco edificaciones a través de un levantamiento planimétrico – fotográfico al detalle. Posteriormente se tomaron muestras para evaluar la calidad del material (adobe) y a través del levantamiento arquitectónico se evaluó el diseño particular de las edificaciones. El análisis permite entender que las construcciones de adobe existentes en La Tola necesitan ser recuperadas ya que se estima tienen un deterioro moderado– extenso y pone en riesgo la seguridad de sus propietarios que en muchos casos son adultos mayores. Pese a todos los deterioros presentados en la investigación, no existen muros desplomados debido a que la localidad no ha sido afectada por sismos de consideración, inundaciones o incendios, además el material empleado presenta una calidad aceptable en base a pruebas manuales de resistencia realizadas. Los deterioros más avanzados se detectaron en las cubiertas (humedad, filtración de agua lluvia), la valoración de los factores externos (entorno) donde se ubica la edificación de adobe, son claves para la elaboración de un diagnóstico consistente de la degradación del material o su elemento constructivo. (pág. 22).

Esta investigación aporta dando una visión sobre cómo hacer un análisis que ayude a poder entender la naturaleza de las edificaciones de adobe, además de eso, presenta el proceso de realización de pruebas manuales aplicadas en la zona de estudio, brindando resultados sobre el estado de estas edificaciones. Asimismo, ayuda a entender cuanto significa la recuperación de estas estructuras y la importancia de la aplicación de trabajos de mantenimiento para los muros de adobe.

***“Metodología de Evaluación Visual Rápida para Determinar la Vulnerabilidad
Sísmica en las Iglesias Coloniales: Aplicaciones en Cusco, Perú”***

Vila-Chã (2017) Cusco es una de las ciudades en el Perú que cuenta con un gran número de patrimonio histórico y arquitectónico. Las iglesias elegidas para este estudio son templos coloniales construidos entre los siglos XVI y XVIII. Estas construcciones presentan una riqueza arquitectónica cusqueña muy amplia donde se observa la unión armónica de dos culturas diferentes. El material empleado en su construcción fue el adobe o piedra y las técnicas utilizadas fueron precarias, es por esto, que se presenta una vulnerabilidad estructural. La vulnerabilidad estructural que además está asociada a la realidad del país que presenta una gran actividad sísmica pudiendo incrementar el riesgo para las poblaciones o mismo la pérdida de patrimonio. En ese sentido, el presente proyecto tiene como objetivo desarrollar y probar una metodología rápida y visual de evaluación previa al terremoto. Esta metodología nos ayudará a encontrar el índice de daño esperado de las iglesias con base en la identificación de su vulnerabilidad sísmica. Esta metodología consiste en la definición de la influencia sísmica según 14 parámetros verificando el análisis global, el local, el estado de conservación y los elementos no estructurales. Debido a que Cusco es una ciudad con un gran número de iglesias, esta metodología presenta la ventaja inminente de ser rápida. Con los resultados obtenidos se podrá establecer una lista de prioridades para, así, determinar las iglesias que necesiten una evaluación más profunda, como, por ejemplo, estudios con métodos numéricos. Debido a falta de información asociada a las iglesias coloniales en términos de las características mecánicas de los materiales y a su difícil caracterización, algunos parámetros presentan un mayor grado de incertidumbre. Igualmente, los cambios propuestos relativos a los macro elementos, puesto que no existen datos históricos ni investigaciones pasadas que sustenten parámetros geométricos de su vulnerabilidad

estructural. Todas las modificaciones presentadas requieren ser validadas, para garantizar que la metodología sea la más adecuada posible. Del mismo modo, todos estos parámetros necesitan sustentaciones y validaciones futuras. El hecho de que la metodología sea rápida, constituye una ventaja fundamental pues posibilita la evaluación de un gran número de iglesias y también permite determinar cuáles ameritan una evaluación más urgente. (pág. 135).

El aporte de esta tesis demuestra que la verificación del estado de conservación de las estructuras de adobe es de suma importancia, esto se prueba debido a que este es un parámetro que define la influencia sísmica, es por eso que es estudiado dentro de la metodología utilizada para la ejecución de la presente tesis. Asimismo, se puede observar la relación que tiene el estado de conservación con la respuesta que tendrá la estructura al momento de experimentar movimientos telúricos, siendo medido con un índice de daño esperado.

“Detección y Localización de Daño Estructural en Construcciones Históricas de Tierra”

Lozano Chávez (2019) El monitoreo de salud estructural (SHM, por sus siglas en inglés), cada vez está adquiriendo una importancia mayor dentro del campo de la ingeniería estructural, debido a que permite realizar una evaluación continua del desempeño estructural de una construcción. Todo esto es posible mediante la identificación de daño en tiempo real cuando se monitorean parámetros sensibles, tales como las propiedades dinámicas de la estructura, debido a que están íntimamente relacionadas con las propiedades físicas de la misma. Obtener este conocimiento ayuda para una toma de decisiones más rápida y efectiva en cuanto a intervención y mantenimiento de edificaciones existentes, colaborando con su preservación. El caso de la conservación de construcciones históricas, cobra vital importancia en al ser un método

no destructivo y poco invasivo que aporta un conocimiento esencial para la evaluación de las estructuras. Puesto a que el Perú cuenta con un amplio número de construcciones de adobe, que además representan su patrimonio histórico y cultural, además de que tienen una gran importancia económica por el turismo que generan, estas necesitan técnicas modernas e innovadoras para su conservación y mantenimiento.

El presente trabajo de investigación desarrollará un conjunto de metodologías que son capaces de localizar y detectar el daño en las estructuras de adobe, todo esto mediante un monitoreo dinámico de vibraciones ambientales. Esta metodología se ejecutará mediante la instrumentación de las construcciones usando acelerómetros de alta sensibilidad que ayuden a extraer de manera continua las propiedades dinámicas partiendo de las vibraciones sin necesidad de usar fuentes controladas de excitación. En primer lugar, la metodología estará validada empleado el emblemático caso de estudio del puente Z24, donde se tienen resultados de la identificación de daño. A continuación, se aplicarán en una construcción simple que consistente en un péndulo invertido de acero, ensayado y dañado progresivamente para comprobar la efectividad y realizar los ajustes necesarios. Luego, un muro de adobe será ensayado de la misma manera para poder comprobar la aplicabilidad de las metodologías además de comprobar los problemas que pueden existir al ser implementadas en una estructura tradicional de adobe. Ya, por último, se estudiarán las iglesias elegidas, que son; la iglesia San Juan Bautista de Huaro de gran importancia cultural para el país, y la iglesia San Pedro Apóstol de Andahuaylillas, estas dos han sido instrumentadas con acelerómetros y presentan un sistema de monitoreo a largo plazo. Así también, se analizará el cambio de sus propiedades dinámicas, y la ocurrencia de un movimiento sísmico cerca de las iglesias durante el tiempo de monitoreo.

Actualmente, la conservación de construcciones de adobe presenta un reto para la ingeniería estructural, ya que existe una falta de códigos de construcción en la época en que se construyeron, además de la alta variabilidad de sus propiedades mecánicas, el poco conocimiento de los procesos constructivos y el efecto de fenómenos naturales y ambientales. Además, es importante notar, que las variaciones ambientales de temperatura y humedad afectan de manera considerable la respuesta dinámica que tienen las construcciones de adobe, siendo así un importante problema la separación de variaciones causadas por estas y las causadas por daño. Este desarrollo de metodologías que aporten para la superación de estos problemas se traducirá en herramientas que ayuden con la identificación oportuna de daño en edificaciones históricas, permitiendo un mantenimiento temprano y ayudando a la conservación de las construcciones. Se concluye que el monitoreo dinámico es capaz de brindar importante información en tiempo real de una construcción de tierra instrumentada. Esta información puede ser utilizada para la identificación de daño al utilizar modelos como ARX y PCA, permitiendo mantener un control del estado de salud de la estructura y pudiendo realizar labores de mantenimiento e intervención en el estado más temprano posible de producirse daño. Sin embargo, es importante estudiar la influencia de los parámetros ambientales en las construcciones de tierra para realizar un análisis cualitativo correcto que acompañe a los parámetros cuantitativos calculados, ya que al analizar de manera cualitativa las tendencias de las frecuencias y los índices de daño calculados se puede concluir si es que se tienen patrones que pueden ser interpretados como daño estructural de manera adecuada. De esta manera, el SHM se convierte en una herramienta altamente valiosa para afrontar el problema de la conservación de estructuras históricas de tierra, al brindar información del estado de salud a lo largo del tiempo de monitoreo y

permitiendo estrategias adecuadas de evaluación e intervención en estas construcciones. (pág. 105).

Esta tesis presenta un aporte en el aspecto de analizar causas que originan problemas en las estructuras de adobe, además de las consecuencias en estas. Igualmente, demuestra que la conservación de edificaciones de adobe actualmente es un desafío para la ingeniería estructural, debido a varios factores que afectan a las construcciones históricas hechas de adobe. El estudio previo del estado de conservación de estas estructuras, pueden servir de apoyo para la identificación de daños con distintos modelos estructurales, como se muestra en la presente tesis de investigación (modelos ARX y PCA). Finalmente, contribuye con la explicación de la importancia que tiene el monitoreo de salud estructural.

“Reflexiones en el marco del patrimonio arquitectónico en tierra: tutelar, conservar y restaurar el patrimonio modesto”

Basile (2018) El presente artículo, reflexiona sobre los conceptos de restauración y conservación que son aplicados al patrimonio arquitectónico de tierra en su conjunto (bienes de una gran diversidad tipológica, expresión de la cultura de los pueblos) teniendo como objetivo el de contribuir al debate sobre su protección.

La riqueza de este patrimonio arquitectónico se basa en sí misma, es decir, en una tradición constructiva que utiliza un material que ya no es considerado “materia bruta”, sino más bien como una importante documentación cultural de un “*know-how*” que ayuda a desarrollar una gran variedad de soluciones constructivas y técnicas. Un patrimonio que se está revalorizando, pero aún está expuesto a grandes riesgos debido a intervenciones inadecuadas.

Desde que se tomó conciencia de la importancia de esta expresión arquitectónica, los estudios se centraron en las implicaciones sociológicas y en el aspecto técnico edilicio,

pero ignoraron el panorama general del problema, que debe de basarse en evaluar y analizar cómo tutelar estos asentamientos de la manera más correcta. Recientemente la arquitectura de tierra ha sido elemento de investigaciones en la que los factores económicos, históricos, sociales y ambientales han desempeñado un papel fundamental, con el foco en la profundización de la composición de la materia y de las técnicas constructivas. Este tipo de construcciones es cada vez más objeto de conservación, mantenimiento y recuperación con el objetivo de no perderse y de ser correctamente transmitida a las futuras generaciones. En la actualidad, muchos lugares del mundo reconocen oficialmente la importancia tutelar y valorizar este patrimonio y además están implementando acciones para salvaguardar este recurso.

Se deben contemplarse acciones de mantenimiento apropiadas y a la vez garantizar la correcta preservación del bien, para poder tener una aplicación virtuosa de la tutela – conservación. Para esto será necesario adquirir conocimientos sobre los procesos de degradación (“patología de la construcción”) y de las técnicas de conservación específicas con el objetivo de definir metodologías y tiempos de intervención con el fin de contener el proceso destructivo. (pág. 27).

El artículo de investigación mostrado, nos aporta dándonos una perspectiva sobre el valor y la importancia que está tomando últimamente las edificaciones de adobe, siendo de vital interés los temas de recuperación y mantenimiento de las mismas, es por eso que los trabajos de evaluación de estados de conservación son imprescindibles para la determinación del grado de ayuda que necesitan estas construcciones, en especial las más antiguas, como es el caso de las zonas de Centros Históricos.

“Determinación de Propiedades Mecánicas de la Mampostería de adobe, ladrillo y piedra en Edificaciones Históricas Peruanas”

Vargas Díaz (2016) El presente estudio tiene como base el tema sobre la caracterización de las propiedades mecánicas de resistencia del adobe y el ladrillo de arcilla cocida, de edificaciones históricas del Perú, a la compresión diagonal y axial en mampostería. Como parte del Proyecto Técnicas de Estabilización Sísmica de Patrimonio en Tierra (SRP), en donde se evaluaron los elementos, materiales además de los sistemas constructivos que forman el patrimonio histórico. Para poder determinar la resistencia del adobe y ladrillo de arcilla cocida de edificaciones histórica, de la ciudad de Lima, las muestras obtenidas de los inmuebles fueron con el permiso y la supervisión del Ministerio de Cultura del Perú, estas fueron extraídas de la Casona del Jr. Ancash, del Antiguo Hotel El Comercio, contiguo a la primera, de La Catedral, de la Casa Welsch (Ica) y finalmente de la Iglesia Kuño Tambo (Cusco).

En total se ensayaron cincuenta especímenes; entre muretes, pilas, bloques y cubos de adobe además de ladrillo cocido; siete de estos fueron directamente extraídos de los muros del Hotel Comercio; los demás fueron reconstruidos en el laboratorio con bloques y mortero originales. Así mismo 9 cubos de cal y arena, que se usó en el mortero de las pilas y muretes de ladrillo elaborados en laboratorio con los bloques históricos.

Los ensayos experimentales del programa incluyeron la compresión diagonal en muretes, compresión uniaxial en pilas, compresión en unidades y análisis granulométrico tierra en el caso del adobe.

Se determinó de la evaluación de estas muestras, que las edificaciones históricas estudiadas, por lo general, presentan cimientos y sobrecimientos de piedra y/o ladrillo y muros de adobe.

De la misma manera, se obtuvo que los esfuerzos a compresión axial y diagonal se encuentran por encima de los esfuerzos mínimos admisibles (0.2 y 0.025MPa respectivamente de la Norma). En cuanto al Hotel Comercio la resistencia a la compresión diagonal se obtuvo 0.16 y 0.55MPa, para los muretes directamente extraídos y los reconstruidos en laboratorio, además su compresión axial del ladrillo en se obtuvo en promedio 1.7MPa, para los muretes directamente extraídos, y 6.04MPa, para los especímenes reconstruidos en laboratorio.

En estas dos situaciones tanto ladrillo y adobe, los valores hallados como módulos de corte G y elasticidad E, sus resultados son muy dispersos. Todo esto, debido a la fragilidad de los materiales, por su composición molecular y su deterioro en sí; que hace que la etapa elástica, de donde se consideran las deformaciones para el cálculo de estos módulos, sea muy corta para ser medida con los deformímetros utilizados.

Los ensayos de análisis del suelo en laboratorio muestran que la composición del suelo de los bloques de adobe y el mortero es la misma, con lo que se podría deducir que por lo común se usaba el mismo material para ambas funciones cuando se construía la mampostería. La proporción de material es similar en ambos suelos: entre el 30 y 40% de material grueso y entre 60 y 70% de material fino. Sin embargo, de la superposición de las curvas de adobe y mortero según su origen, se pudo verificar que el mortero y el adobe de la Catedral de Ica y la casa Welsch presentan un mismo contenido de arenas y gravas mientras que el adobe

presentaba mayor cantidad de finos, limos y arcillas. La casa aledaña al Hotel Comercio en el Jr. Ancash el adobe presentaba más arenas y gravas, mientras que el mortero más contenido de limos y arcillas. El suelo del mortero y el adobe del Hotel Comercio es casi el mismo, sin embargo, el mortero muestra un ligero exceso de finos por encima del adobe. En la Casa Welsch, el contenido de finos es mayor que en el resto de los

lugares (80%), así como el porcentaje de humedad en el suelo. Además, se pudo detectar visualmente la presencia de bosta en los adobes extraídos de esta edificación. Ni las muestras de adobe de Lima e Ica presentaron paja en su composición, ocasionalmente usado en otras edificaciones. (pág. 81).

Este estudio nos permite entender y conocer las propiedades de las construcciones de adobe en edificaciones históricas del Perú, dándonos una muestra clara de sus materiales, elementos y sistemas constructivos que caracterizan a estas construcciones. Estas edificaciones históricas, cuentan con propiedades singulares y parecidas entre sí, al ser compuestas generalmente por muros de adobe. Asimismo, muestran las propiedades físicas de las construcciones, demostrando que su composición era la misma en los elementos de la mampostería, tanto en los bloques de adobe o en el mortero utilizado para unir dichos bloques.

1.3. Bases teóricas

1.3.1. Cajamarca

1.3.1.1. Aspecto Geográfico

Cajamarca está ubicada en la zona norte del país. Limitada en el norte por el país de Ecuador, en el sur con La Libertad, en el este por Amazonas y en el oeste por Lambayeque y Piura. Cajamarca cuenta con una altitud de 2 750 msnm, y se encuentra a 856 Km al norte de Lima. (Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2021).

El departamento de Cajamarca tiene como coordenadas por el Norte, 04° 33'07'' en latitud sur y 78°42'27'' en latitud oeste. Por el Este, 07°27'47'' en latitud sur y 77°44'20'' en latitud oeste. Por el Sur, 07°45'33'' en latitud sur y 78°13'14'' en latitud oeste. Por el Oeste, 06°23'41'' en latitud sur y 79°27'06'' en latitud oeste. (INEI, 2018).

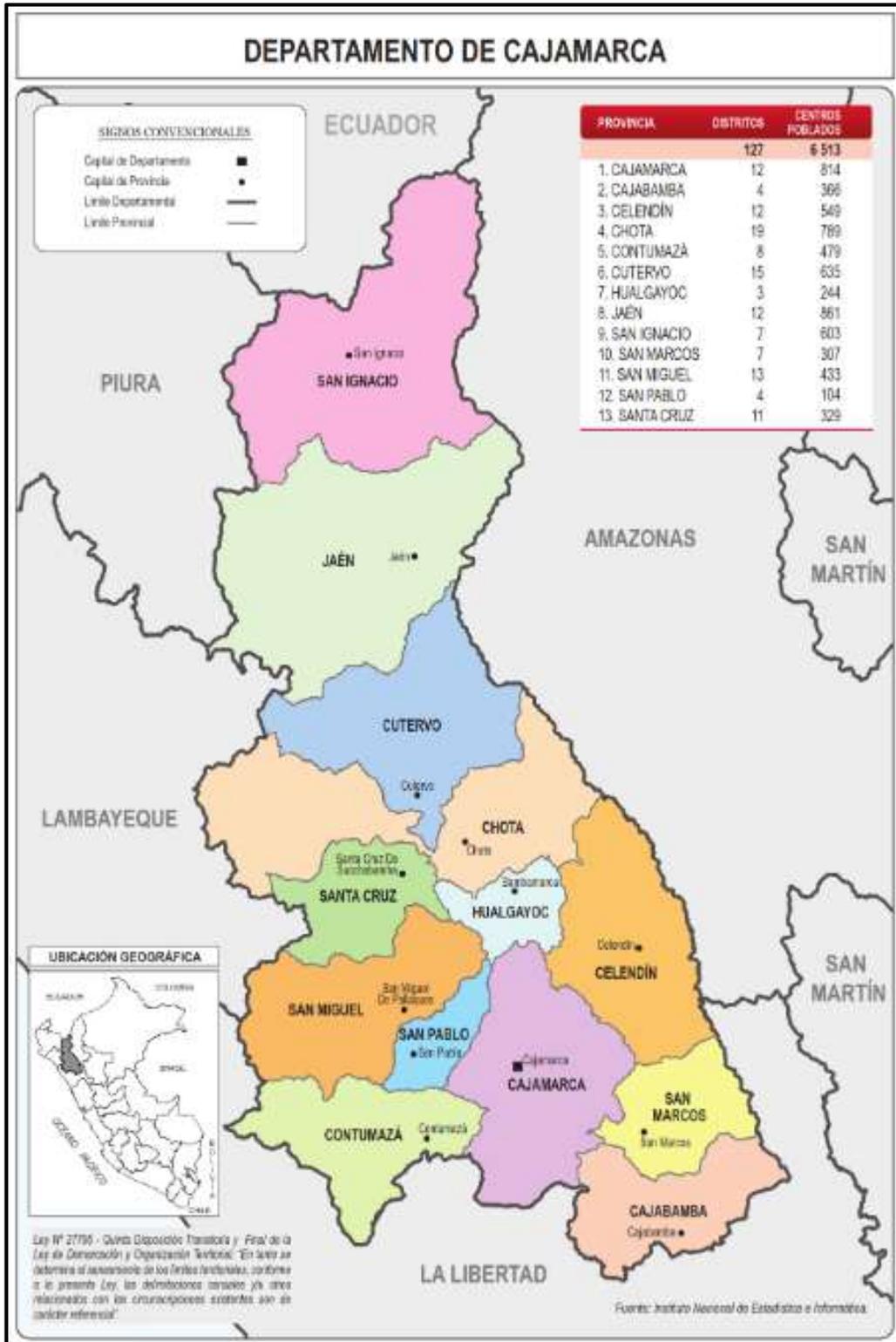


Figura 1 Departamento de Cajamarca

Fuente: INEI (2018). Recuperado de

https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1558/06TOMO_01.pdf

Clima

La ciudad de Cajamarca y su entorno tienen un clima seco, templado y soleado durante las horas del día y frío durante la noche. La temperatura anual media varía desde un máximo promedio de 21°C y un mínimo promedio de 6°C. Las lluvias intensas se dan desde diciembre a marzo, siendo esta la estación definida de lluvias y esta se reflejan en los datos de radiación solar. (Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2020).

1.3.1.2. Aspecto Topográfico

En el departamento de Cajamarca prima la pendiente empinada, siendo el 47.92% de área del departamento, correspondiendo a 1 579 182.65 hectáreas, así mismo los suelos con pendientes planas ocupan 75 465.99 hectáreas, que corresponden al 2.29% del área total del departamento de Cajamarca. (Alcántara Boñón, 2011).

1.3.1.3. Aspecto Geológico

En cuanto a la geología de Cajamarca se diferencian tres grandes bloques litológicos. Las Rocas Volcánicas del Terciario; que se muestran en rumbo SO – NE, compuestas por rocas andesíticas y areniscas rojizas, además de tobas mayormente traquíticas de color beige. Las Rocas Sedimentarias; que están formadas por una secuencia firme de areniscas y cuarcitas con intercalaciones de horizontes lutáceos y calcáreos delgados, denotando fases intermitentes de la cuenca geosinclinal. Y los Depósitos Cuaternarios; en Cajamarca y sus alrededores se extienden sobre depósitos aluviales y lagunares, siendo así que estos depósitos son la base de la cimentación de la ciudad. (INDECI, 2003).

1.3.1.4. Aspecto Socio Económico

Población

El censo del 2017 registra 348 433 habitantes en la provincia de Cajamarca, siendo esta el 26% de la población del departamento, poco más de la cuarta parte. La tasa de crecimiento anual promedio refleja un aumento del 10.2% de la población de la provincia de Cajamarca, teniendo un ritmo de crecimiento anual del 1%. Dentro del departamento de Cajamarca el área urbana cuenta con el 35.4% de los habitantes, mientras que el área rural cuenta con el 64.6%. (INEI, 2018).

Actividad económica

En la región Cajamarca, la actividad económica se centra en los sectores minero y agropecuario. La minería tiene como centro la explotación de oro y en menor medida el cobre. En cuanto a la actividad agropecuaria, se basa en la producción de café, maíz, arroz, papa, además de producción de leche y carne de vacuno. Así mismo en menor medida se cuenta con la manufactura, centrándose en la elaboración de derivados lácteos. En cuanto al comercio y servicios, representa un 53% de la actividad productiva de la región Cajamarca. (Banco Central de Reserva del Perú, 2019)

1.3.1.5. Aspectos Ambientales

Debido a las diferentes actividades económicas que se realizan en la región, existen dos importantes impactos en el ambiente, que son la pérdida de ecosistema y el déficit hídrico. La pérdida de bosques en Cajamarca del año 2001 al 2018 ha sido de 18 675 hectáreas. Y en cuanto al déficit hídrico se encuentra en amenaza por peligros como el cambio de uso de suelo, teniendo solo un 28% apto para actividades agrícolas; los periodos de sequía más prolongados, además

de la deforestación; la contaminación de recursos hídricos por relaves mineros y actividades ilegales; así mismo la baja productividad, pobreza y migración no planificada. (SIAR, 2019).

1.3.2. Centro Histórico

El concepto de centro histórico es relativamente reciente; surge a partir de la propia crisis generada en estos sectores centrales de distintas ciudades, cuando se vieron amenazados tras la reconstrucción posguerra en Europa o por políticas urbanas desarrollistas y aculturadas, aplicadas allá y también en América Latina, más tardíamente. (Rodríguez Aloma, 2008).

Es así, que los centros históricos pueden considerarse como los lugares más simbólicos, distintivos de las ciudades. Son los espacios que dotan a éstas de un carácter especial, y que las hace diferentes de las demás ciudades. Son lugares donde existen, la mayoría de las veces, monumentos históricos, conjuntos arquitectónicos y edificaciones simbólicas, elementos que, en definitiva, son los que provocan esa diferenciación de la ciudad, y que esta sea un lugar de la cual se puedan sentir orgullosos sus propios habitantes. (Santamaría Camallonga, 2013).

1.3.2.1. Centro Histórico de Cajamarca

El principal componente de la identidad de la ciudad de Cajamarca, es su zona monumental, asimismo, representa el núcleo de la parte urbana, marcando un fuerte vínculo de autonomía con el resto de la ciudad y del valle en general.

Dentro del centro histórico se muestra una estructura urbana, predispuesta a agrupar los principales equipamientos urbanos, así como los poderes políticos y religiosos, además, se caracteriza por mantener el carácter y las cualidades de las viviendas, para conservar el concepto de barrios tradicionales, aportando una característica especial al lugar.

El patrimonio cultural, tanto en su forma material como inmaterial, están compuestos por la riqueza histórica del lugar. Cajamarca, desde noviembre de 1986, está reconocida como Patrimonio Histórico y Cultural de las Américas, por la Organización de Estados Americanos (OEA), además cuenta con la inscripción en la lista indicativa de la Unesco, estas dos muestras de distinciones, nos prueba la importancia que le debemos de otorgar al centro histórico de la ciudad, debido a que su cuidado ya no solo es asunto de la propia ciudad o del propio país, sino que, además ahora es de interés de la humanidad. (Municipalidad Provincial de Cajamarca, 2016).



Figura 2 Plaza de Armas de Cajamarca

Fuente: Chávez M. (2019). Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/manchav69/49076583171/in/photostream/>

1.3.3. Adobe

1.3.3.1. Historia

Los humanos, una vez que empezaron a transformar el entorno, se dieron cuenta de la facilidad que brindaban ciertos materiales que eran fácilmente accesibles y provistos por la naturaleza, como el barro. De hecho, se conoce que civilizaciones muy antiguas como los persas, asirios, egipcios y babilonios ya usaban bloques de adobe secados al sol para la construcción de algunos de sus edificios importantes. (Moscoso-Cordero, 2010). El adobe como material de construcción para uso habitacional ha sido utilizado por miles de años alrededor del mundo, empezando por los pueblos indígenas de América, tanto en el suroeste de los Estados Unidos como en Mesoamérica y la región andina en Sudamérica. (Gama Castro et al., 2012).

En el Perú, la época colonial se caracterizó también por el uso primordial y extensivo de la construcción con tierra. Durante la colonia, los españoles realizaron importantes obras de mampostería de adobe. (Blondet et al., 2011).

Todas estas obras realizadas en el pasado, son las que tenemos presentes en la actualidad en el Perú, y son una muestra de la cultura de la época y forman parte de la historia del país.



Figura 3 Casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la ciudad de Cajamarca

Fuente: Municipalidad Provincial de Cajamarca (2020). Recuperado de <https://www.municaj.gob.pe/descubre-cajamarca/recursos-turisticos/centro-cultural-miguel-espinach>



Figura 4 Teatro Cajamarca

Fuente: Gutnius (2018). Recuperado de <https://gutnius.com/anuncian-reapertura-del-historico-teatro-cajamarca/>

1.3.3.2. Definición

El Reglamento Nacional de Edificaciones de Perú, mediante la Norma Técnica Peruana E.080 – Adobe (2006), explica que el adobe es un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede estar conformado por distintos materiales que mejoren su estabilidad frente a agentes externos, tales como la paja.

Dentro de los requisitos mínimos para la elaboración del adobe, está la gradación del suelo, siendo conveniente aproximarse a los siguientes porcentajes:

- Arcilla 10 - 20%.
- Limo 15 - 25%.
- Arena 55 - 70%.

Además, no es adecuado utilizar suelos orgánicos. Asimismo, los bloques debe ser macizos, permitiéndose perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, estas perforaciones no deben representar más de 12% del área bruta de esta cara. Se debe, además, verificar que los adobes estén libres de materias extrañas y otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad, como grietas o rajaduras. (NTE E.080 Código Peruano de Adobe, RNE, 2006).

1.3.3.3. Causas de fallas y deterioro en muros de adobe

Las causas principales por las que se producen fallas en edificaciones son diversas y entre estas tenemos, construcción en terrenos blandos, mala calidad del adobe (materia prima, técnica de producción), dimensiones inadecuadas, deficiente mano de obra en el proceso de construcción, poca o ningún grado de protección de los muros contra el debilitamiento por erosión, e incluso el uso de coberturas muy pesadas. (Morales Morales et al., 1993).

Frecuentemente el mayor de los daños que ocasiona deterioros en las estructuras de adobe son los sismos, siendo los más perjudiciales, su grado de daño está asociado a su intensidad y al tiempo que tengan de duración.

Dentro de las muchas causas de fallas también existen efectos por las condiciones preexistentes, como los daños por humedad; el agua es la amenaza no sísmica más seria para los edificios de adobe, puede dañar un muro de adobe al erosionar partes del muro y reducir la resistencia del material; esta erosión basal, consiste en la desintegración y pérdida de una porción de un muro de adobe en su base, por un flujo del agua (lluvia o absorción de agua por capilaridad). Otra condición son los muros fuera de su plomo; los muros desalineados verticalmente pueden acabar por voltearse, cuando un muro de adobe ha perdido el plomo, será más propenso a colapsar que cuando un muro es casi vertical. Asimismo, existe la condición de grietas preexistentes, estas fisuras podrían haber aparecido por efecto de terremotos previos, por deformación de los muros, o bien por asentamiento de las cimentaciones. (Leroy Tolles et al., 2005).

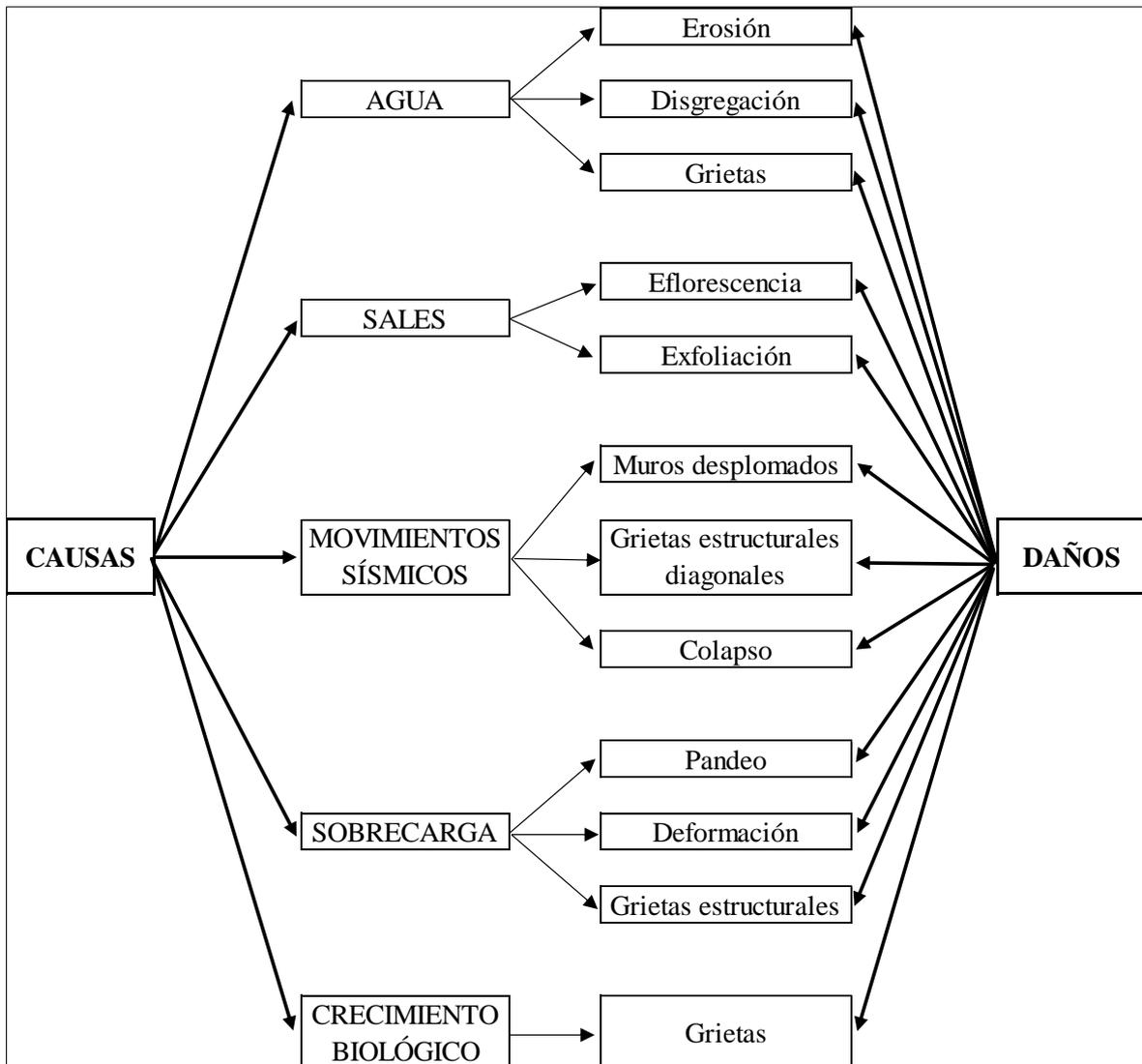


Figura 5 Causas y daños más comunes en muros de adobe.

Fuente: Adaptado de Moscoso-Cordero, M.S. (2010). El adobe, sus características y el confort térmico. (p. 73).

1.3.4. Estado de conservación de adobes

Para abordar el tema de estado de conservación es importante saber que, los sistemas constructivos en tierra de edificaciones patrimoniales consisten principalmente en muros de carga; se diseñaron para soportar cargas verticales (peso propio, entresijos, cubiertas y otros) y de servicio (carga viva), sin incluir los efectos producidos por un sismo. Se asimilan entonces a un sistema de mampostería compuesto por unidades de tierra cruda, aparejadas de diferentes formas, con la que

se construyen muros que varían en espesor y en altura y que pueden o no trabarse. (Rivera Torres, 2012).

Teniendo lo anteriormente claro, podemos decir que la importancia de preservar la construcción original de una estructura de adobe varía con cada edificio, en este caso edificaciones patrimoniales; depende del tipo de tratamiento de conservación que resulte apropiado para el mismo, entre estas tenemos:

- Estabilización, la norma E.080 define al adobe estabilizado como aquel al que se le agrega otros tipos de materiales, para aumentar su resistencia a la compresión y su estabilidad por la aparición de humedad.
- Conservación, se llama conservación al trabajo que se ejecuta para evitar el deterioro, abarcando las acciones que ayuden a extender la vida del patrimonio cultural. (Feilden, 2004)
- Restauración, La restauración es una intervención hacia un bien patrimonial, con el objeto de mantener su autenticidad y su apropiación por la comunidad. (Carta de Cracovia, 2000)
- Rehabilitación o reconstrucción. Definido por la RAE como el conjunto de métodos que tiene por finalidad la recuperación de una función perdida.

Un enfoque estrictamente de conservación se preocupa por mantener la construcción y las características originales de ésta por encima de cualquier otra consideración. En este principio es donde se requiere de una evaluación del estado de conservación de las estructuras de adobe, al detalle, extensa y multidisciplinaria de la construcción, así como una identificación de todos sus valores culturales y de su construcción original a diferentes niveles. (Leroy Tolles et al., 2005).

El estado de conservación de las construcciones históricas de adobe implica la preservación del material, debido a que esta determina su valor tecnológico y su

autenticidad. Por ello, se debe conservar los muros de adobe que dan mayor valor a las edificaciones patrimoniales, además de esto, el conocimiento de los daños en muros de adobe es importante para poder tener una base de datos, que pueden ser ordenadas para futuras demandas de información. (M.-C. Achig et al., 2013).

1.3.5. Resistencia a compresión en adobe

La resistencia a compresión mide el esfuerzo máximo que puede llegar a resistir un elemento, cuando en él actúa una carga de aplastamiento. Esta se determina al dividir la carga máxima por el área transversal original del elemento ensayo.

Para la ejecución del ensayo de laboratorio de esfuerzo a compresión, la Norma E.080 presenta las siguientes consideraciones:

- Los cubos deberán medir 0.1 m de arista.
- La resistencia última se calcula de acuerdo a: $f_o = 1.5MPa = 12\text{ kgf/cm}^2$.
- Se deben de usar como mínimo seis cubos de adobes, y de estas el promedio de su resistencia última de las cuatro mejores debe ser igual o mayor a la resistencia última indicada.

1.3.6. Densidad de muros

La Norma E.080 de Diseño y Construcción con tierra Reforzada describe a la densidad de muros como el cociente entre la suma de áreas transversales que cargan los muros de cada eje principal y el área total techada en la construcción.

La E.080 define además el porcentaje de densidad de muros que deben de tener las edificaciones según la función que tengan.

Tabla 1
Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje		
NT A.040 Educación		
NT A.050 Salud	1.40	15%
NT A.090 Servicios comunales		
NT A.100 Recreación y deportes		
NT A.110 Transporte y Comunicaciones		
NT A.060 Industria	1.20	12%
NT A.070 Comercio		
NT A.080 Oficinas		
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1.00	8%

Fuente: Norma E.080 de Diseño y Construcción con Tierra Reforzada

1.3.7. Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante se describe como el esfuerzo interno que resulta de las tensiones paralelas a la sección transversal de un elemento. Estas tensiones o fuerzas paralelas tienden a cortar el elemento por el área de la sección. El esfuerzo cortante evita que el cuerpo se deforme, conservando así su rigidez. La Norma E0.80 establece que la resistencia última o mínima que deben de tener los muros de adobe es de 25kPa.

1.3.8. Estabilidad de muros al volteo

La estabilidad de muros al volteo se analiza para los muros no portantes, tales como tabiques, para este análisis se realizará una comparación entre el momento actuante (M_a) y el momento resistente (M_r), estos producidos por sismos.

- Para lo cual el Momento Actuante se representa por la siguiente formula:

$$M_a = 0.8 * Z * P * C_1 * m * a^2 \text{ (kN.m/m)}$$

Donde:

Z = Factor de aceleración.

P = Peso del muro.

C₁ = Coeficiente según tipo de elemento (Tabique = 0.9).

m = Coeficiente de momentos.

a = Dimensión crítica.

- Además, el Momento Resistente se representa por la siguiente formula:

$$M_r = 16.7 * t^2 (\text{kN.m/m})$$

Donde:

t = Espesor de muro.

- La estabilidad de los muros al volteo responde a los siguientes criterios:

✓ Si $Ma \leq Mr$, entonces el muro es estable.

✓ Si $Ma > Mr$, entonces el muro es inestable.

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el análisis del estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca, 2021?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Analizar el estado de conservación que tienen las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca.

1.5.2. Objetivos Específicos

OE1: Revisar datos sobre la resistencia máxima a compresión que tienen las estructuras de adobe.

OE2: Revisar datos sobre la densidad de muros que tienen las estructuras de adobe.

OE3: Revisar datos sobre la verificación de muros a esfuerzo cortante en estructuras de adobe.

OE4: Revisar datos sobre la verificación de muros al volteo en estructuras de adobe.

1.6.Hipótesis

El análisis del estado de conservación de las estructuras de adobe, demuestra que este es deficiente, dentro del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca, 2021.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Por el propósito

Esta investigación, según el propósito es de tipo aplicada, debido a que se utilizará y aplicará los conocimientos de investigaciones básicas para contrastarlas con la investigación a ejecutar.

2.1.2. Según el diseño de investigación

Esta investigación, según el diseño es no experimental, debido a que solo se observará el estado natural de la variable, y no se manipulará deliberadamente esta variable.

2.2. Diseño de investigación

Esta investigación cuenta con un diseño no experimental del tipo transversal, ya que solo se recolectarán datos para describir y analizar el comportamiento de la variable en un periodo de tiempo.

Tabla 2

Diseño de investigación, transversal

Estudio	Tiempo 1
Estructuras de adobe del Centro Histórico	Características Físicas

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Variables

2.3.1. Estado de conservación

Conservación es la acción realizada para prevenir el deterioro y la gestión dinámica de la variación, comprendiendo todos los actos que prolongan la vida del patrimonio cultural y natural. Es importante aclarar que la preservación de los materiales antiguos es tan importante en la conservación como la preservación de la integridad y la autenticidad del proyecto. (Correia, 2007).

2.3.2. Clasificación de variables

Tabla 3
Clasificación de la variable

VARIABLE	CLASIFICACIÓN				
	Naturaleza	Escala de Medición	Relación	Dimensión	Forma de Medición
Estado de conservación de las estructuras de adobe	Cualitativa	Nominal	Independiente	Multidimensional	Indirecta

Fuente: Elaboración propia.

2.3.3. Operacionalización de variables

Tabla 4

Operacionalización de variables

Variables	Definición	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
Estado de conservación de las estructuras de adobe	Conservación es la acción realizada para prevenir el deterioro y la gestión dinámica de la variación, comprendiendo todos los actos que prolongan la vida del patrimonio cultural y natural (Correia, 2009).	El estado de conservación se puede medir mediante la recopilación de información sobre la ejecución de estudios previos.	• Resistencia máxima a compresión	$R_c \geq 12 \text{ kg/cm}^2$	Ficha Resumen
			• Densidad de muros	$D_m \geq 15\%$	
			• Verificación de muros a esfuerzo cortante	$E_c \geq 25 \text{ kPa}$	
			• Verificación de muros al volteo	$M_a \leq M_r$	

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

La población de estudio está conformada por todos los estudios sobre el estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico la ciudad de Cajamarca.

2.4.2. Muestra

2.4.2.1. Unidad de Análisis

La unidad de análisis son los estudios sobre el estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca.

2.4.2.2. Técnicas de muestreo

Para la selección de la muestra de este trabajo de investigación se utilizó el muestreo no probabilístico, teniendo en cuenta el uso de una muestra por conveniencia, debido a los estudios encontrados y disponibles para la revisión documentaria.

2.4.2.3. Tamaño de muestra

Para la realización de este trabajo de investigación, se tomará como muestra los estudios de 4 diferentes edificaciones, como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5
Estudios utilizados para el análisis

Título del Estudio	Nombre del Autor	Tipo de Estudio	Institución	Año
Análisis de vulnerabilidad sísmica de las Instituciones Educativas públicas de adobe en el Centro Histórico de Cajamarca.	Gómez Ramírez, Luis Antonio.	Tesis para título profesional	Universidad Nacional de Cajamarca	2018
Vulnerabilidad sísmica de la Iglesia San José de la ciudad de Cajamarca.	Oliva Cabanillas, Francis Guillermo.	Tesis para título profesional	Universidad Privada del Norte	2019
Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach - Ex Palacio Municipal de la ciudad de Cajamarca.	Díaz Quiroz, Alicia Yajaira.	Tesis para título profesional	Universidad Privada del Norte	2015
Riesgo sísmico del Teatro Cajamarca al año 2014, en función de la vulnerabilidad y peligro sísmico.	Grozo Abanto, Ibeth Marisol	Tesis de postgrado	Universidad Nacional de Cajamarca	2015

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Técnica e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.5.1. Técnica de recolección de datos

La técnica de recolección de datos que se utilizará será, la revisión documental, puesto que se necesita recolectar información sobre el estado de conservación de las estructuras de adobe, para poder elaborar un diagnóstico de la situación existente.

2.5.2. Instrumento de recolección de datos

Como instrumento para la recolección de datos, se empleará fichas resúmenes, para poder ordenar y sintetizar toda la información encontrada sobre los indicadores que muestren el estado de las estructuras de adobe. (Anexo N° 01).

2.5.3. Análisis de datos

Esta investigación es de diseño no experimental y de tipo transversal, por ende, para el análisis de datos se utilizará las nociones de la estadística descriptiva. La información será presentada en tablas y/o gráficos estadísticos. El presente estudio se basará en un análisis de información, y por ende se utilizarán gráficos circulares. El gráfico de sector circular, se usa para mostrar las proporciones del total, además es ideal para mostrar los números que se relacionan a una suma mayor y para cuando el total de los números sea siempre igual al 100%.

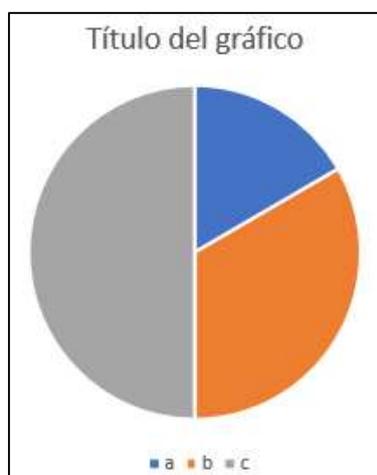


Figura 6 Gráfico de sector circular
Fuente: Elaboración Propia

2.6.Procedimientos

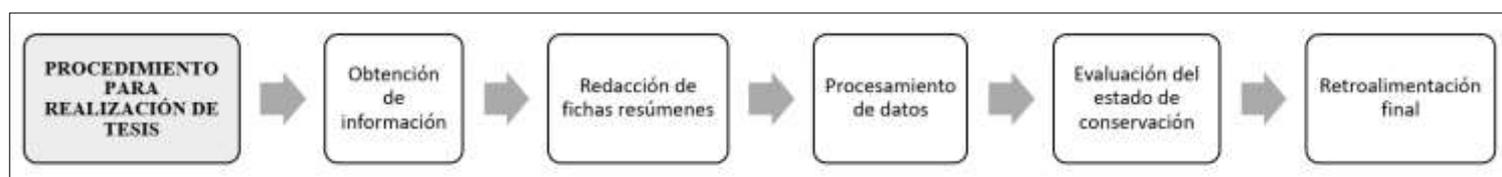


Figura 7 Estructura para el procedimiento para la realización de tesis
Fuente: Elaboración Propia

2.6.1. Obtención de información

Se comenzará con la revisión teórica, sobre la información existente de estudios previos de tesis, acerca de evaluaciones ejecutadas para determinar el estado en

el que se encuentran las estructuras de adobe en el Centro Histórico de Cajamarca.

2.6.2. Redacción de fichas resúmenes

Con la información obtenida, se procederá a realizar las fichas resúmenes para cada tesis seleccionada, que contendrá:

- Número de ficha.
- Título.
- Autor.
- Síntesis del contenido de la tesis.

2.6.3. Procesamiento de datos

Para la organización se considerarán los resultados obtenidos en cada tesis, de estos seleccionaremos los recurrentes en todos los estudios y se los organizarán según el tipo de características de las estructuras de adobe.

2.6.4. Evaluación del estado de conservación

Con los datos procesados se evaluará en qué estado se encuentran las estructuras de adobe del Centro Histórico de Cajamarca.

2.6.5. Retroalimentación Final

Con los resultados de la evaluación, se planteará las conclusiones del proyecto de estudio teniendo en cuenta los objetivos establecidos al principio del mismo, así como también se propondrán las recomendaciones en base a lo estudiado.

2.7. Desarrollo

Para la realización de esta tesis, se comenzó con la revisión teórica y análisis documental, para esto se buscó información en la plataforma de Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI), además del Repositorio Institucional de la

Universidad Privada del Norte. De esta revisión se obtuvo las siguientes cuatro tesis de interés:

- “Análisis de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el centro histórico de Cajamarca”.
- “Vulnerabilidad sísmica de la iglesia San José de la ciudad de Cajamarca”.
- “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la ciudad de Cajamarca”.
- “Riesgo sísmico del Teatro Cajamarca al año 2014, en función de la vulnerabilidad y peligro sísmico”.

Ya con estos estudios, se procedió con la elaboración de las fichas resumes, para cada tesis seleccionada, teniendo en cuenta datos importantes como descripción del estudio y resultados encontrados.

Para el procesamiento de datos, se orientó a unir los valores evaluados en cada edificación como:

- Resistencia máxima a compresión.
- Densidad de muros.
- Verificación de muros a esfuerzo cortante.
- Verificación de muros al volteo.

Con estos valores, se pudo comparar las características de las diferentes estructuras de adobe del centro histórico, obteniéndose los resultados para la evaluación del estado de conservación de las construcciones.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resistencia máxima a compresión

Tabla 6

Recopilación de datos sobre resistencia a la compresión de las estructuras de adobe

Lugar de estudio	Resistencia máxima a compresión promedio (kg/cm ²)	Resistencia mínima a la compresión según E.080 (kg/cm ²)	Evaluación
Institución Educativa Juan Clemente Vergel - Ex 91.	5.65	12.00	No cumple
Institución Educativa Nuestra Señora de La Merced.	5.65	12.00	No cumple
Iglesia San José.	8.36	12.00	No cumple
Casona Espinach - Ex Palacio Municipal.	5.80	12.00	No cumple
Teatro Cajamarca.	11.89	12.00	No cumple

Fuente: Elaboración propia.

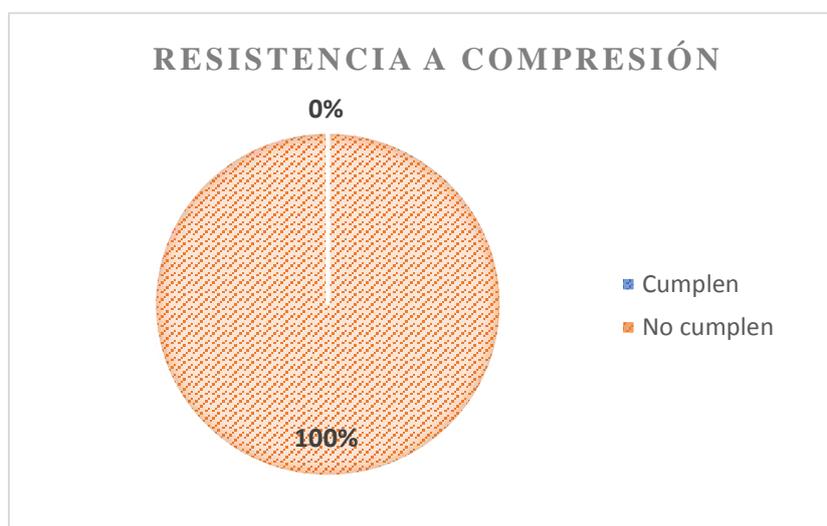


Figura 8 Muros de adobe que cumplen con resistencia a compresión mínima

Fuente: Elaboración Propia

3.2. Densidad de muros

Tabla 7
Recopilación de datos sobre densidad de muros de las estructuras de adobe

Lugar de estudio	Área de muros (m ²)		Evaluación	Densidad de muros	Densidad mínima de muros según E.080 y según tipo de edificación	Evaluación
	Área existente	Área requerida				
Institución Educativa Nuestra Señora de La Merced.	PRIMER NIVEL					
	EJE "X"					
	69.20	273.70	Inadecuado	9.07%	15%	No cumple
	EJE "Y"					
	44.40	273.70	Inadecuado	5.81%	15%	No cumple
	SEGUNDO NIVEL					
Institución Educativa Juan Clemente Vergel - Ex 91.	EJE "X"					
	54.80	321.00	Inadecuado	6.11%	15%	No cumple
	EJE "Y"					
	46.20	321.00	Inadecuado	5.16%	15%	No cumple
Iglesia San José.	PRIMER NIVEL					
	EJE "X"					
	136.72	358.10	Inadecuado	24.43%	15%	Cumple
	EJE "Y"					
	136.72	358.10	Inadecuado	24.43%	15%	Cumple
	SEGUNDO NIVEL					
	EJE "X"					
	97.69	210.20	Inadecuado	29.75%	15%	Cumple
	EJE "Y"					
	97.69	210.20	Inadecuado	29.75%	15%	Cumple
	TERCER NIVEL					
	EJE "X"					
4.45	20.80	Inadecuado	13.70%	15%	No cumple	
EJE "Y"						
4.45	20.80	Inadecuado	13.70%	15%	No cumple	
Institución Educativa Juan Clemente Vergel - Ex 91.	PRIMER NIVEL					
	EJE "X"					
	50.40	368.80	Inadecuado	4.20%	15%	No cumple
EJE "Y"						

Casona Espinach - Ex Palacio Municipal.	128.40	368.80	Inadecuado	10.70%	15%	No cumple
	SEGUNDO NIVEL EJE "X"					
	41.90	453.20	Inadecuado	2.84%	15%	No cumple
	EJE "Y"					
	122.20	453.20	Inadecuado	8.28%	15%	No cumple
Teatro Cajamarca.	PRIMER NIVEL EJE "X"					
	29.98	15.80	Adecuado	30.44%	15%	Cumple
	EJE "Y"					
	10.15	15.80	Inadecuado	10.30%	15%	No cumple
	SEGUNDO NIVEL EJE "X"					
	22.30	31.50	Inadecuado	22.64%	15%	Cumple
	EJE "Y"					
	17.30	31.50	Inadecuado	17.56%	15%	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

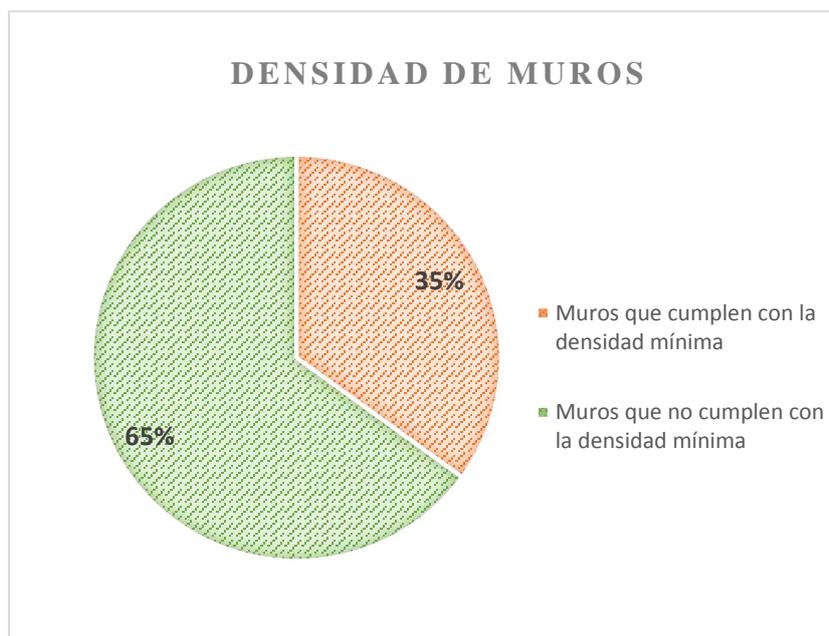


Figura 9 Muros de adobe que cumplen con la densidad mínima

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Verificación de muros a esfuerzo cortante

Tabla 8
Recopilación de datos sobre número de muros que cumplen el esfuerzo cortante mínimo

Lugar de estudio	Muros adecuados	Muros inadecuados	Total de muros evaluados	Muros Adecuados	Muros Inadecuados
Institución Educativa Nuestra Señora de La Merced.	0	136	136	0 %	100 %
Institución Educativa Juan Clemente Vergel - Ex 91.	0	44	44	0 %	100 %
Iglesia San José.	10	40	50	20 %	80 %
Casona Espinach - Ex Palacio Municipal.	7	157	164	4.27 %	95.73 %
Teatro Cajamarca.	6	17	23	26.09 %	73.91 %
PROMEDIO	-	-	-	10.07 %	89.93 %

Fuente: Elaboración propia.

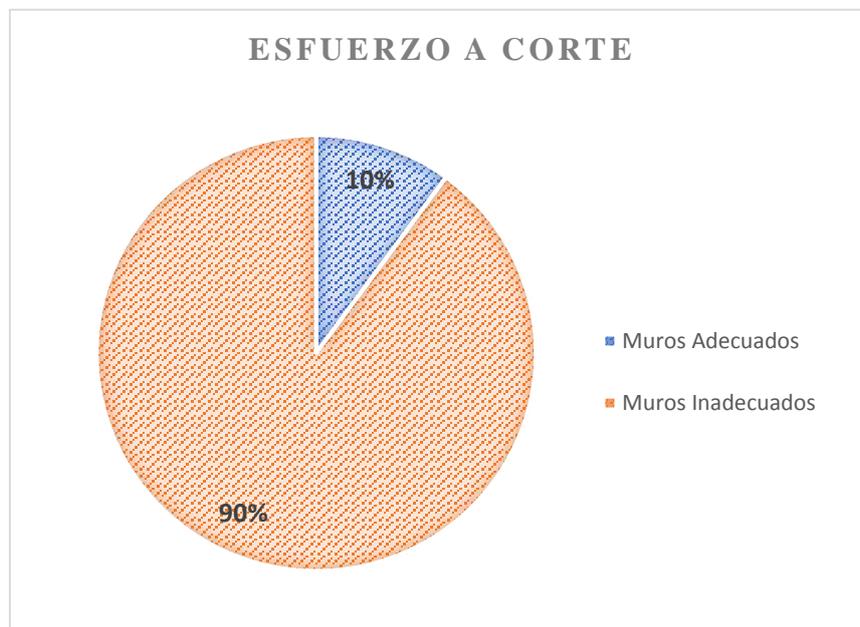


Figura 10 Muros de adobe que cumplen con el esfuerzo a corte mínimo
Fuente: Elaboración propia.

3.4. Verificación de muros al volteo

Tabla 9

Recopilación de datos sobre la clasificación de muros según su estabilidad por volteo

Lugar de estudio	Muros Estables	Muros Inestables	Total de muros evaluados	Muros Estables	Muros Inestables
Institución Educativa Nuestra Señora de La Merced.	19	39	58	32.76 %	67.24 %
Institución Educativa Juan Clemente Vergel - Ex 91.	6	15	21	28.57 %	71.43 %
Iglesia San José.	18	8	26	69.23 %	30.77 %
Casona Espinach - Ex Palacio Municipal.	21	56	77	27.27 %	72.73 %
Teatro Cajamarca.	0	2	2	0 %	100 %
PROMEDIO	-	-	-	31.57 %	68.43 %

Fuente: Elaboración propia.

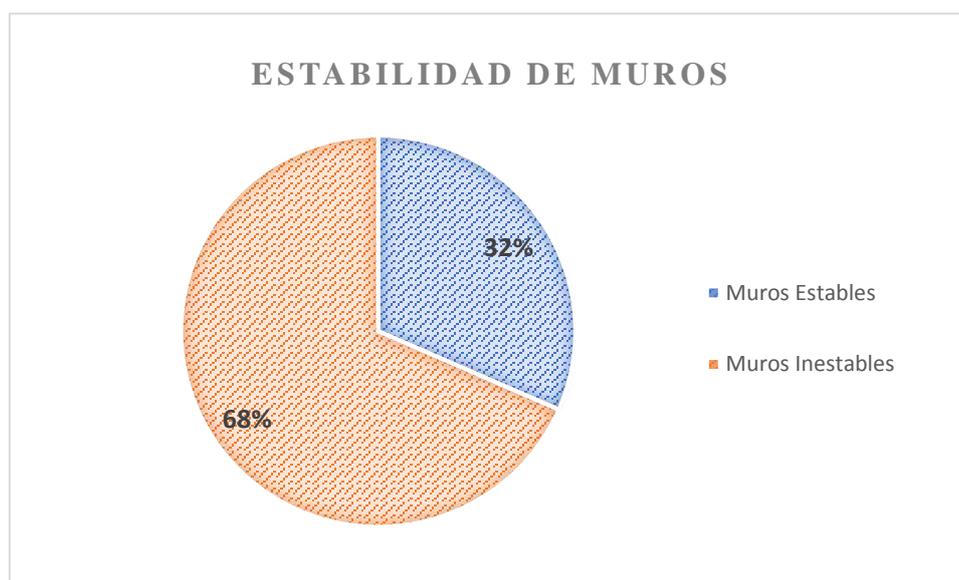


Figura 11 Estabilidad de muros de adobe

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Este análisis demuestra que las construcciones estudiadas se encuentran en un estado de conservación deficiente, validando así la hipótesis de estudio que se planteó al inicio de este trabajo de investigación.

En la Tabla 6, se muestra la recopilación de datos sobre la resistencia máxima a compresión que tienen las estructuras de adobe analizadas en los diferentes estudios; la Norma E.080 de Diseño y Construcción con tierra Reforzada dispone que la resistencia mínima a compresión para un muro de adobe deberá ser de 12 kg/cm^2 ; y como se muestra todas las estructuras evaluadas tienen un valor por debajo de lo normado. En la Figura 4, se puede apreciar que el 100% de los muros que forman estas construcciones de adobe no cumplen con la resistencia mínima señalada en el reglamento. De la Tabla 7 podemos distinguir los datos recopilados sobre la densidad de muros con la que cuentan las construcciones de adobe, mostrándose el área de muros requerida y el área de muros existente, todo esto teniendo en cuenta los niveles de las construcciones y diferenciando cada eje de las mismas, la evaluación de “Adecuado” e “Inadecuado” se determinó comparando que el valor del área existente sea mayor al área requerida en muros; la E.080 define el porcentaje de densidad de muros que debe tener las edificaciones según la función que cumplan, todos los lugares de estudio entran dentro del ámbito educacional o de servicios comunales, y es por esto que les corresponde una densidad mínima de muros de 15%, como vemos en la recopilación de datos, existe gran cantidad de estructuras que no cumplen con lo fijado en la norma. La Figura 5, muestra el porcentaje de muros que cumplen con el 15% establecido en la norma E.080, siendo este de un 35% versus el 65% que no cumple con lo normado. Según la E.080 para que las estructuras no se deformen y conserven su rigidez, deben de tener una resistencia

última a esfuerzo cortante de 25kPa, en la Tabla 8, se aprecia la recopilación de datos sobre el número de muros adecuados que posee cada lugar de estudio, producto de la comparación del esfuerzo cortante que posee cada muro con el esfuerzo mínimo dispuesto. Los resultados obtenidos en la Figura 6, muestran que el porcentaje de muros inadecuados según su esfuerzo a corte es mucho mayor a los muros adecuados, teniendo un 90% frente a un 10% respectivamente. De la Tabla 9 podemos observar los datos recopilados en cuanto a la verificación de muros al volteo, siendo esta la cantidad de muros estables que posee cada construcción de adobe, esta evaluación se centró en comparar que el momento actuante en un sismo sea menor al momento resistente que tiene cada muro. La Figura 7, presenta el porcentaje global de muros que son estables según sus momentos actuantes y resistentes, demostrando con un 68% que los muros de las estructuras de adobe analizadas son inestables.

Todos los resultados obtenidos, demuestran que las edificaciones presentan un deficiente estado de conservación, independientemente de la forma en que estos fueron evaluados (obtención de datos), es así como podemos apreciar que Achig & Abad (2015) en su estudio de aplicación obtienen resultados negativos después de su evaluación en edificaciones de adobe, estos se obtuvieron después de aplicar un Indicador Integral del Estado Constructivo de Muros de Adobe, es así como estos resultados refirman la idea de que las estructuras de adobe son vulnerables con respecto a su tiempo de vida.

Los resultados obtenidos en este análisis se apoyan en poder describir el estado constructivo de los muros de adobe, y poder generar interés en su conservación, de esta manera en la investigación que realizaron Choez & Mora (2019), demuestran con sus resultados que el 80% de las causas de deterioro en las construcciones de adobe pueden

disminuir mediante un adecuado mantenimiento, resaltando la importancia de conocer el estado constructivo de las edificaciones de adobe.

En el estudio de Vila-Chã (2017), titulado Metodología de Evaluación Visual rápida para determinar la vulnerabilidad sísmica en las Iglesias Coloniales: Aplicación en Cusco, Perú; obtiene como resultados que ninguna iglesia cumple con los requisitos para sismos frecuentes, solo dos de tres cumplen para sismos ocasionales y todas las iglesias en estudio cumplen para sismos raros donde el objetivo pasa por sufrir daño fuerte. Estos resultados reafirman el patrón que rige el estado de las construcciones de adobe, pudiendo observar en los resultados propios que los muros que conforman las construcciones estudiadas en su mayoría son inestables o son inadecuados.

Los resultados de este trabajo de investigación demuestran que los muros de adobe presentan distintos inconvenientes como inadecuada densidad de muros o inadecuado valor en cuanto a su resistencia a compresión y estos problemas dan origen a daños estructurales causados por sismos, de esta manera en la investigación de Lozano Chávez (2019) en donde se propone un monitoreo de salud estructural, encontró como resultados que el daño estructural por sismos causa disminuciones de rigidez de los muros, además que las estructuras de tierra muestran una alta variación en sus propiedades dinámicas debido a las variables ambientales o de tiempo.

Los resultados que obtiene Brasile (2018) demuestran que la conservación de una estructura de adobe; dependen de la conservación de sus materiales, de la eliminación de la degradación de estos y de la consolidación estructural; esta evaluación permite dar una base a los resultados obtenidos en la presente investigación, planteándolos en forma de sugerencia para futuras aplicaciones, luego de realizar análisis de las estructuras como lo ejecutado en este estudio.

El resultado más sobresaliente que se encontró, fue que el 100% de los muros que conforman las estructuras de adobe en Cajamarca, no cumplen con el esfuerzo mínimo de 12 kg/cm^2 , establecido en la Norma Peruana E.080. En comparación con lo obtenido, Vargas Díaz (2016) en su estudio, tiene resultados más favorables ya que en la estructura estudiada en Lima, el valor de resistencia a compresión es de 1.511MPa, encontrándose por encima del valor mínimo de 1.2MPa.

En el presente estudio, se encontró la limitación de la falta de investigaciones existentes en cuanto a evaluación del estado de conservación en el Centro Histórico de Cajamarca; siendo esto un impedimento para poder ejecutar un análisis más amplio acerca del tema. Este estudio aporta de manera significativa, en el sentido de poder contar con un registro sobre el estado actual de las edificaciones de adobe, permitiendo en el futuro posibles intervenciones para mantener la vida útil y conservación de las mismas.

Las estructuras de adobe del Centro Histórico de Cajamarca, formaron la unidad de estudio del presente trabajo de investigación, es así que se encontró que, en cuanto a sus características físicas, el cien por ciento de estas no cumplen con la resistencia mínima establecida en la Norma Peruana E.080; y, además, el sesenta y cinco por ciento no cumple con la densidad de muros mínima que se recomienda. Por otro lado, en cuanto al análisis por sismos, solo el diez por ciento de los muros de adobe es adecuado en cuanto a la resistencia a corte con la que cuentan frente a la resistencia a corte mínima que deberían de tener, de la misma manera solo el treinta y dos por ciento de muros es estable en cuanto a su verificación por volteo a las que fueron sometidas los muros de adobe.

Todos los resultados encontrados, demuestran que las construcciones analizadas no cuentan con un estado de conservación eficiente, ya que se evidenció mediante

porcentajes que las deficiencias de sus características físicas como la resistencia a compresión y la densidad de muros, además de su análisis por sismo, como la verificación de muros a esfuerzo cortante y la verificación de muros al volteo, es mucho mayor frente al porcentaje de requisitos que se deben cumplir según normativas.

4.2. Conclusiones

- Se realizó el análisis del estado de conservación que tienen las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca, y se encontró que el 100% de estas tienen deficiencias en su estado de conservación.
- Se revisó datos sobre la resistencia máxima a compresión de las estructuras, y se encontró que el 100% de estas no cumplen con la resistencia mínima establecida en la Norma Peruana E.080.
- Se revisó datos sobre la densidad de muros que presentan las estructuras, y se encontró que el 65% no cumple con la densidad de muros mínima de 15% que recomienda la E.080, para instituciones educativas y servicios comunales.
- Se revisó datos sobre la verificación de muros a esfuerzo cortante en estructuras, y se encontró que solo el 10% de los muros de adobe es adecuado en cuanto a la resistencia a corte con la que cuentan frente a la resistencia a corte mínima de 25kPa que deberían de tener, según la norma E.080.
- Se revisó datos sobre la verificación de muros al volteo, y se encontró que el 32% de los muros que conforman las estructuras de adobe es estable.

4.3. Recomendaciones

Se recomienda a la Municipalidad Provincial de Cajamarca, que ejecute medidas de solución para las estructuras de adobe que se encuentran en mal estado, tales como trabajos de restauración y/o mantenimiento de las mismas.

Para los profesionales involucrados en este tema de investigación como Ingenieros Civiles y Arquitectos, se recomienda que, como expertos brinden evaluaciones creando planes o proyectos para mantenimiento y protección de las estructuras de adobe.

A la población en general se recomienda que en cierta medida sean participes de la conservación del buen estado de las estructuras de adobe, para mantener la cultura que estas construcciones representan.

Finalmente es importante seguir con la ejecución de estos temas de investigación, para poder tener un contexto de la realidad y de esta manera se pueda contar con un registro del estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico, se recomienda además que para investigaciones futuras se ejecuten dentro de la evaluación, estudios detallados de los materiales constructivos que componen a estas estructuras, para definir características adicionales.

REFERENCIAS

- Achig, M., & Abad, L. (2015). *APLICACIÓN DEL SISTEMA PARA EVALUAR EL ESTADO CONSTRUCTIVO EN MUROS DE ADOBE*. 12.
- Achig, M.-C., Zúñiga, M., Van-Balen, K., & Abar, L. (2013). Sistema de registro de daños para determinar el estado constructivo en muros de adobe. *Maskana*, 4(2), 71-84. <https://doi.org/10.18537/mskn.04.02.06>
- Alam, I., Naseer, A., & Shah, A. A. (2015). *Economical stabilization of clay for earth buildings construction in rainy and flood prone areas—ScienceDirect* (Vol. 77). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061814013488>
- Alcántara Boñón, I. G. (2011). *Pendiente de los suelos del departamento de Cajamarca*. Recuperado de <https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/Pendiente.pdf>
- Banco Central De Reserva Del Perú (2019). *Informe Económico y Social Región Cajamarca*.
- Basile, S. D. (2018). *Reflexiones en el marco del patrimonio arquitectónico en tierra: Tutelar, conservar y restaurar el patrimonio modesto*. 48(1), 15-30.
- Blondet, M., Vargas, J., Tarque, N., & Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: La gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*, 63(523), 41-50. <https://doi.org/10.3989/ic.10.017>
- Choez, P. C. V., & Mora, F. M. (2019). Mantenimiento de edificaciones vernáculas, sistema constructivo en tierra-adobe (estudio de caso La Tola-Píntag). *Revista Herencia*, 32(1), 95-118. <https://doi.org/10.15517/h.v32i1.37848>
- Corporación de Desarrollo Tecnológico. (2012). *Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda*. Raizfutura Ltda.
- Correia, M. (2009). *Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra*. 20(2), 202-219.

- Díaz Quiroz, A. Y. (2015). *Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la ciudad de Cajamarca*. Universidad Privada del Norte.
- Feilden, B. M. (2004). *Conservation of Historic Buildings*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann
- Gama Castro, J. E., Cruz y Cruz, T., Pi Puig, T., Alcalá Martínez, R., Cabadas Báez, H., Sánchez Pérez, S., López Aguilar, F., & Vilanova de Allende, R. (2012). Arquitectura de tierra: El adobe como material de construcción en la época prehispánica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 64(2), 177-188. <https://doi.org/10.18268/BSGM2012v64n2a3>
- Gómez Ramírez, L. A. (2018). *Análisis de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el centro histórico de Cajamarca*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Grozo Abanto, I. M. (2015). *Riesgo sísmico del Teatro Cajamarca al año 2014, en función de la vulnerabilidad y peligro sísmico*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- INDECI – PNUD – PER/02/051 (2003). *Mapa de Peligros de la Ciudad de Cajamarca*
- INEI (2018). *Resultados definitivos censo 2017*. Recuperado de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1558/06TOMO_01.pdf
- Instituto Nacional de Patrimonio Cultural del Ecuador. (2015). *Orientaciones para la conservación de inmuebles patrimoniales de tierra en Cuenca*.
- Leroy Tolles, E., Kimbro, E. E., & Ginell, W. S. (2005). *Guías de planeamiento e ingeniería para la estabilización sismorresistente de estructuras históricas de adobe*. 160.
- Lozano Chávez, G. (2019). *Detección y Localización de Daño Estructural en Construcciones Históricas de Tierra*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Ministerio de Cultura. (s. f.). *Sitios del Patrimonio Mundial del Perú*. <https://patrimoniomundial.cultura.pe/listaindicativa/centro-hist%C3%B3rico-de-cajamarca>
- Morales Morales, R., Torres Cabrejos, R., Rengifo, L. A., & Irala Candiotti, C. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*.

- Moscoso-Cordero, M. S. (2010). *EL ADOBE, SUS CARACTERÍSTICAS Y EL CONFORT TÉRMICO*. 71-75.
- Mosqueira Moreno, M. Á., & Tarque Ruíz, S. N. (2005). *Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Municipalidad Provincial de Cajamarca (2021). *GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE*. Recuperado de <https://www.municaj.gob.pe/ciudad/geografia-y-medio-ambiente>
- Municipalidad Provincial de Cajamarca. (2016). *PLAN DE GESTIÓN DE LA ZONA MONUMENTAL DE CAJAMARCA*.
- NTE E.080 *Código Peruano de Adobe, RNE*. (2006).
- Oliva Cabanillas, F. G. (2019). *Vulnerabilidad sísmica de la iglesia San José de la ciudad de Cajamarca*. Universidad Privada del Norte.
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2000). Carta de Cracovia. Recuperado de https://en.unesco.org/sites/default/files/guatemala_carta_cracovia_2000_spa_orof.pdf
- Proaño Morán, M., & Álvarez Rodríguez, O. (2017). *Comportamiento sísmico de los muros de adobe en edificaciones patrimoniales*. 8(2), 18-28.
- Rivera Torres, J. C. (2012). *El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: Caracterización con fines estructurales*. 25(2), 164-181.
- Rodríguez Aloma, P. (2008). *El centro histórico: Del concepto a la acción integral*. 1, 51-64.
- Santamaría Camallonga, J. (2013). Centros históricos: Análisis y perspectivas desde la Geografía. *GeoGraphos. Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 4. <https://doi.org/10.14198/GEOGRA2013.4.37>
- SIAR (2019). *Cajamarca: estadísticas ambientales, diciembre 2019*.

Vargas Díaz, L. (2016). *Determinación de Propiedades Mecánicas de la Mampostería de Adobe, Ladrillo y Piedra en Edificaciones Históricas Peruanas*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Vila-Chã, A. E. M. (2017). *Metodología de Evaluación Visual Rápida para Determinar la Vulnerabilidad Sísmica en las Iglesias Coloniales: Aplicaciones en Cusco, Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Zelaya Jara, V. A. (2008). *Estudio sobre Diseño Sísmico en Construcciones de Adobe y su Incidencia en la Reducción de Desastres*.

ANEXOS

1. Anexo N°01: Instrumento de recolección de datos

Título	N° FICHA
Autor	
Resumen del estudio	
Cita del estudio	

Figura 12 Instrumento de recolección de datos
Fuente: Elaboración Propia.

2. Anexo N°02: Ficha resumen N°01

<p>Título:</p> <p>“Análisis de vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas públicas de adobe en el centro histórico de Cajamarca”.</p>	<p>N° FICHA:</p> <p>01</p>
<p>Autor:</p> <p>Gómez Ramírez Luis Antonio.</p>	
<p>El objetivo de esta tesis es poder determinar y analizar la vulnerabilidad sísmica de las instituciones educativas Juan Clemente Vergel – Ex 91 y Nuestra Señora de la Merced que están ubicadas dentro del centro histórico de Cajamarca. Todos los datos obtenidos en campo, fueron procesados utilizando fichas de reporte de edificaciones de adobe.</p> <p>La resistencia máxima a la compresión fue de 5.645 Kg/cm², siendo este un valor muy por debajo a lo mínima indicado por la norma.</p> <p>En el caso de la Edificación de adobe Nuestra Señora de La Merced se observa que para los ejes “X” y “Y” tanto del primer y segundo nivel la densidad de muros es inadecuada, además de ser mucho menor de la estipulada en la norma E.080.</p> <p>De la misma manera para la edificación Juan Clemente Vergel la densidad de muros es inadecuada en ambos sentidos.</p> <p>Para las dos instituciones educativas se tienen valores altos de esfuerzos sísmicos a corte, siendo estos mucho mayores al Esfuerzo Admisible de 0.25 kg/cm², establecidos en la E.080.</p> <p>Según la verificación de muros al volteo, para la edificación Nuestra Señora de La Merced tanto en el primer como segundo nivel presenta una gran cantidad de muros inestables; al igual que en la edificación Juan Clemente Vergel.</p>	
<p>(Gómez Ramírez, 2018)</p>	

Figura 13 Ficha resumen N°01

Fuente: Elaboración Propia.

3. Anexo N°03: Ficha resumen N°02

<p>Título: “Vulnerabilidad sísmica de la iglesia San José de la ciudad de Cajamarca”.</p>	<p>N° FICHA: 02</p>
<p>Autor: Oliva Cabanillas Francis Guillermo.</p>	
<p>La finalidad de esta tesis es determinar la vulnerabilidad sísmica del monumento histórico de la iglesia San José de la ciudad de Cajamarca, debido a su importancia histórica y arquitectónica además de que esta presenta problemas de filtraciones, deterioro en algunos muros y pequeñas fisuras. Para el desarrollo de esta tesis se usó la metodología basada en el uso de fichas de evaluación propuesta por la Pontificia Universidad Católica del Perú.</p> <p>La resistencia máxima a la compresión obtenida es de 8.36 kg/cm², valor muy por debajo de lo mínimo de 10.2 kg/cm², establecida por la Norma E.080. Para la iglesia se observa que la densidad de muros es inadecuada para ambos ejes “X” y “Y”.</p> <p>Los resultados de verificación de muros a esfuerzo cortante, muestran que, de 50 muros evaluados, 40 son inadecuados, según valores establecidos en la E.080.</p> <p>Los resultados obtenidos de verificación de estabilidad de muros al volteo, muestran que, de 26 muros de tabiquería, 8 son inestables.</p>	
<p>(Oliva Cabanillas, 2019)</p>	

Figura 14 Ficha resumen N°02

Fuente: Elaboración Propia.

4. Anexo N°04: Ficha resumen N°03

<p>Título: “Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la ciudad de Cajamarca”.</p>	<p>N° FICHA: 03</p>
<p>Autor: Díaz Quiroz Alicia Yajaira.</p>	
<p>Dentro de este trabajo se estudió a la construcción patrimonial histórica de adobe, Casona Espinach – Ex Palacio Municipal de la Ciudad de Cajamarca, analizando su vulnerabilidad sísmica. La importancia de esta casona radica en que su antigüedad de 275 años, preservando la historia y cultura. Después de la evaluación de esta edificación se observan problemas como filtraciones, pequeñas fisuras y desgaste de los materiales que lo conforman, sin embargo, no presenta daños estructurales visibles.</p> <p>El valor de la resistencia a la comprensión fue de 5.80 kg/cm², muy por debajo de los 12 kg/cm², establecidos según norma.</p> <p>Para el caso de la casona Espinach, nos indica que los valores de la densidad de muros tanto en X como en Y es inadecuada.</p> <p>La verificación de muros a corte, el análisis se ha realizado para los dos niveles, tanto para los muros portantes en la dirección de X como los muros portantes en la dirección de Y, y en su gran mayoría los esfuerzos cortantes superaron los 25 KPa, normados.</p> <p>La verificación de muros al volteo dio como resultado que los tabiques son inestables, en el primer y segundo nivel.</p>	
<p>(Díaz Quiroz, 2015)</p>	

Figura 15 Ficha resumen N°03

Fuente: Elaboración Propia.

5. Anexo N°05: Ficha resumen N°04

<p>Título: “Riesgo sísmico del Teatro Cajamarca al año 2014, en función de la vulnerabilidad y peligro sísmico”.</p>	<p>N° FICHA: 04</p>
<p>Autor: Grozo Abanto Ibeth Marisol.</p>	
<p>Para la elaboración de esta tesis se tomó al Teatro Cajamarca, por su relevancia dentro de la ciudad, debido a que es un Monumento Histórico con una antigüedad de 102 años. Todos los resultados sirvieron para determinar los elementos que influyentes en la designación del riesgo sísmico teniendo en cuenta la vulnerabilidad y peligro. Después de procesar datos se concluyó que el Teatro Cajamarca tiene un riesgo sísmico alto, y esto significa que la estructura en un sismo severo colapsará.</p> <p>Los estudios muestran que el teatro cuenta con una resistencia a compresión promedio de 11.89 kg/cm².</p> <p>En cuanto a la densidad de muros de la edificación, se observa que la mayor parte de muros es inadecuada.</p> <p>Con la verificación de muros a esfuerzo cortante se determinó que en su mayoría los muros son inadecuados ya que superan el esfuerzo admisible establecido en la E.080.</p> <p>Se ha verificado la estabilidad de muros al volteo, en dos tabiques y el resultado obtenido es que son inestables.</p>	
<p>(Grozo Abanto, 2015)</p>	

Figura 16 Ficha resumen N°04

Fuente: Elaboración Propia.

6. Anexo N°06:

Tabla 10

Cuadro comparativo del análisis de los estudios

	Resistencia máxima a compresión	Densidad de muros	Verificación de muros a esfuerzo cortante	Verificación de muros al volteo
Institución Educativa Juan Clemente Vergel – Ex 91	Los muros no cumplen con la resistencia mínima a compresión según la E.080 (12 kg/cm ²)	El área de muros requerida es mayor a la existente, por lo cual es inadecuada. Así mismo, los muros tanto en el eje X como en el eje Y, no cumplen con la densidad mínima establecida.	El 100% de los muros son inadecuados y no cumplen con el esfuerzo cortante mínimo.	El 71.43% de los muros es inestable en la edificación.
Institución Educativa Nuestra Señora de La Merced	Los muros no cumplen con la resistencia mínima a compresión según la E.080 (12 kg/cm ²)	Para ambos ejes de los dos niveles de la edificación, el área requerida de muros es mayor a la existente, por lo tanto, es inadecuada. Así mismo, los muros en ambos ejes de los dos niveles de la edificación, no cumplen con la densidad mínima establecida.	El 100% de los muros son inadecuados y no cumplen con el esfuerzo cortante mínimo.	El 67.24% de los muros es inestable en la edificación.
Iglesia San José	Los muros no cumplen con la resistencia mínima a compresión según la E.080 (12 kg/cm ²)	Para ambos ejes en los tres niveles de la edificación, el área requerida de muros es mayor a la existente, por lo tanto, es inadecuada. Por otro lado, en ambos ejes del primer y segundo nivel se cumple con la densidad mínima, en el tercer nivel no se cumple con la densidad mínima.	El 80% de los muros son inadecuados y no cumplen con el esfuerzo cortante mínimo.	El 30.77% de los muros es inestable en la edificación.
Casona Espinach – Ex Palacio Municipal	Los muros no cumplen con la resistencia mínima a compresión según la E.080 (12 kg/cm ²)	En ambos ejes de los dos niveles de la edificación el área de muros requerida es mayor a la existente, así mismo en todo el edificio no se cumple con la densidad mínima requerida.	El 95.73% de los muros son inadecuados y no cumplen con el esfuerzo cortante mínimo.	El 72.73% de los muros es inestable en la edificación.
Teatro Cajamarca	Los muros no cumplen con la resistencia mínima a compresión según la E.080 (12 kg/cm ²)	Solo en el eje X del primer nivel el área de muros existente es mayor a la requerida, en el resto del edificio es inadecuada. El eje Y del primer nivel es el único que no cumple con la densidad mínima.	El 73.91% de los muros son inadecuados y no cumplen con el esfuerzo cortante mínimo.	El 100% de los muros es inestable en la edificación.

Fuente: Elaboración propia.

7. Anexo N°07:

Tabla 11
Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Población y Muestra	Metodología
¿Cuál es el análisis del estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca, 2020?	<p>Objetivo General:</p> <ul style="list-style-type: none"> Analizar el estado de conservación que tienen las estructuras de adobe del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca. <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> OE1: Analizar datos sobre la resistencia máxima a compresión que tienen las estructuras de adobe. OE2: Analizar datos sobre la densidad de muros que tienen las estructuras de adobe. OE3: Analizar datos sobre la verificación de muros a esfuerzo cortante en estructuras de adobe. OE4: Analizar datos sobre la verificación de muros al volteo en estructuras de adobe. 	El análisis del estado de conservación de las estructuras de adobe, demuestra que este es deficiente, dentro del Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca, 2020.	Estado de Conservación de las estructuras de adobe.	<p>Población:</p> <p>La población de estudio está conformada por todos los estudios sobre el estado de conservación de las estructuras de adobe del Centro Histórico la ciudad de Cajamarca.</p> <p>Muestra:</p> <p>Para la selección de la muestra de este trabajo de investigación se utilizó el muestreo no probabilístico, teniendo en cuenta el uso de una muestra por conveniencia, debido a los estudios encontrados y disponibles para la revisión documentaria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Por el propósito: <p>Esta investigación, según el propósito es de tipo aplicada, debido a que se utilizará y aplicará los conocimientos de investigaciones básicas para contrastarlas con la investigación a ejecutar.</p> <ul style="list-style-type: none"> Según el diseño de investigación: <p>Esta investigación, según el diseño es no experimental, debido a que solo se observará el estado natural de la variable, y no se manipulará deliberadamente esta variable, además es del tipo transversal, ya que solo se recolectarán datos para describir y analizar el comportamiento de la variable en un periodo de tiempo.</p>

Fuente: Elaboración propia.