

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS INSTITUCIONES
EDUCATIVAS PÚBLICAS DE ADOBE EN EL CENTRO HISTÓRICO DE
CAJAMARCA”**

TESIS PROFESIONAL

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por el Bachiller:

GÓMEZ RAMÍREZ LUIS ANTONIO

Asesor:

Dr. Ing. MIGUEL ÁNGEL MOSQUEIRA MORENO

Cajamarca – Perú

2018

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme su protección, darme fuerza y salud en los momentos más difíciles de la vida.

A mi madre y mis tías por brindarme su apoyo en todo momento y ser los pilares y motivación de mí día a día.

A mi asesor el Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno por los consejos, orientación y paciencia en la elaboración de esta tesis.

A los docentes de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca por inculcarme valores éticos y conocimientos durante mis estudios universitarios.

A mis amigos y a las personas que me apoyaron en mi vida universitaria y en la realización de esta tesis.

DEDICATORIA

A mi madre quien siempre estuvo a mi lado, donde su apoyo, amor y enseñanza fueron indispensables para mi vida.

A mis tías y abuelitos por ser el pilar de mi vida, que con su constante amor y cariño supieron guiarme en el camino de la vida.

A Nadia mi compañera de la vida, quien con su amor y comprensión me apoya cada día.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	17
2.1.2. Antecedentes Nacionales	18
2.1.3. Antecedentes Locales	19
2.2. BASES TEÓRICAS.....	20
2.2.1. SISMOS	20
2.2.1.1. Causas de los Sismos.....	21
2.2.1.2. Clasificación de los Sismos	23
2.2.2. EVALUACIÓN SÍSMICA.....	24
2.2.2.1. Magnitud Sísmica.....	24
2.2.2.2. Intensidad Sísmica.....	25
2.2.2.3. Momento Sísmico	26
2.2.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA	26
2.2.3.1. Tipos de Vulnerabilidad.....	26
2.2.3.2. Componentes de la vulnerabilidad sísmica.	27
2.2.4. PELIGROSIDAD SÍSMICA	29
2.2.5. RIESGO SÍSMICO.....	30
2.2.6. CENTRO HISTÓRICO.....	31
2.2.6.1. Centro Histórico de Cajamarca	31
2.2.7. EL ADOBE	33
2.2.8. EDIFICACIONES DE ADOBE EN EL PERÚ	33

2.2.8.1. Características propias del Adobe.....	35
2.2.9. COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE 37	
2.2.9.1. Fallas por tracción en los encuentros de muros.	37
2.2.9.2. Fallas Por Flexión	39
2.2.9.3. Falla Por Corte	41
2.2.10. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS QUE CONTRIBUYEN A LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE ADOBE.....	42
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	53
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	55
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	55
3.2. TIEMPO EN EL CUAL SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN.....	57
3.3. RECURSOS, MATERIALES E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.	57
3.4. METODOLOGÍA	58
3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	58
3.6. PROCEDIMIENTO.....	68
3.6.1. OBTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.....	68
3.6.2. EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS EDIFICACIONES.....	70
3.6.2.1. Evaluación de las Edificaciones	70
3.6.2.2. Ensayo de laboratorio	72
3.6.2.3. Procedimiento para ensayo de rotura.....	72
3.6.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	75
3.6.3.1. Áreas tributarias	75
3.6.3.2. Análisis Sísmico	75
3.7. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	77
3.7.1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL ADOBE	77
3.7.1.1. Ensayo a Compresión	77
3.7.1.2. Peso Específico del Adobe	78
3.7.2. ÁREAS TRIBUTARIAS.....	79

3.7.3.	ANÁLISIS SÍSMICO	82
3.7.4.	DENSIDAD DE MUROS	86
3.7.5.	VERIFICACIÓN DE MUROS A CORTE	88
3.7.6.	VERIFICACIÓN DE MUROS AL VOLTEO	94
3.7.7.	VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES	99
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS		101
4.1.	DENSIDAD DE MUROS	102
4.2.	VERIFICACIÓN DE MUROS A CORTE	102
4.3.	VERIFICACIÓN DE MUROS AL VOLTEO	104
4.4.	VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES	106
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		108
CONCLUSIONES		108
RECOMENDACIONES		109
REFERENCIAS		110

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: BIENES INMUEBLES MONUMENTALES EN EL CENTRO HISTÓRICOS DE CENTRO DE CAJAMARCA.	32
TABLA 2: TIPIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
TABLA 3: FACTOR DE SUELO (S).....	61
TABLA 4: FACTOR DE USO (U) Y DENSIDAD SEGÚN TIPO DE EDIFICACIÓN	61
TABLA 5: COEFICIENTE SÍSMICO POR ZONA SÍSMICA PARA EDIFICACIONES DE TIERRA REFORZADA.....	61
TABLA 6: VERIFICACIÓN DE LA DENSIDAD DE MUROS.....	62
TABLA 7: VALORES C1 PARA ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES	63
TABLA 8 DIMENSIÓN CRÍTICA	64
TABLA 9: PARÁMETROS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA.	65
TABLA 10: COMBINACIONES DE LOS PARÁMETROS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA.....	66
TABLA 11: TABLA DE RESUMEN DE RANGOS.....	67
TABLA 12: ESFUERZOS MÁXIMOS DE CUBOS DE ADOBE DE 10X10 CM.....	74
TABLA 13: ESFUERZO MÁXIMO TOTAL DE LA MUESTRA DE ADOBE	74
TABLA 14: ÁREAS TRIBUTARIAS DE LA EDIFICACIÓN.....	76
TABLA 15: ESFUERZO Y MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL ADOBE	77
TABLA 16: ÁREAS TRIBUTARIAS DEL PRIMER NIVEL - NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED	79
TABLA 17: ÁREAS TRIBUTARIAS DEL SEGUNDO NIVEL - NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED	80
TABLA 18: ÁREAS TRIBUTARIAS DEL PRIMER NIVEL - JUAN CLEMENTE VERGEL	81
TABLA 19: ANÁLISIS POR DENSIDAD DE MUROS (H=SUCP)	86
TABLA 20: ANÁLISIS POR DENSIDAD DE MUROS (H=SUCP)	87
TABLA 21: VERIFICACIÓN DE MUROS PORTANTES POR CORTE NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED - PRIMER NIVEL.....	88
TABLA 22: VERIFICACIÓN DE MUROS PORTANTES POR CORTE NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED - SEGUNDO NIVEL.....	90
TABLA 23: VERIFICACIÓN DE MUROS PORTANTES POR CORTE JUAN CLEMENTE VERGEL	92

TABLA 24: VERIFICACIÓN DE MUROS POR VOLTEO NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED	94
TABLA 25: VERIFICACIÓN DE MUROS POR VOLTEO JUAN CLEMENTE VERGEL.....	97
TABLA 26: CALIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA - SEÑORA DE LA MERCED	99
TABLA 27: CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA EDIFICACIÓN DE ADOBE NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED	99
TABLA 28: CALIFICACIÓN DE PARÁMETROS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA JUAN CLEMENTE VERGEL – EX 91.....	100
TABLA 29: CALIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LA EDIFICACIÓN DE ADOBE JUAN CLEMENTE VERGEL – EX 91	100
TABLA 30: COMPARACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA MÁXIMA ENCONTRADA CON LA MÍNIMA SEGÚN LA NORMA E.080 (2017)	101
TABLA 31: RESUMEN DE RESULTADOS REFERENTE A DENSIDAD DE MUROS Y ESFUERZOS SÍSMICOS A CORTE EN MUROS PORTANTES – NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED.	103
TABLA 32: RESUMEN DE RESULTADOS REFERENTES A DENSIDAD DE MUROS Y ESFUERZOS SÍSMICOS A CORTE EN MUROS PORTANTES – JUAN CLEMENTE VERGEL - EX 91	103
TABLA 33: RESUMEN DE VERIFICACIÓN DE MUROS AL VOLTEO – NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED	104
TABLA 34: RESUMEN DE VERIFICACIÓN DE MUROS AL VOLTEO – JUAN CLEMENTE VERGEL	105
TABLA 35: COMPARACIÓN GENERAL DE DENSIDAD DE MUROS.	106
TABLA 36: RELACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES CON SUS PARÁMETROS ANALIZADOS.	106

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: CÍRCULO O ANILLO DE FUEGO DEL PACÍFICO	20
FIGURA 2: DISTRIBUCIÓN DE LAS PLACAS TECTÓNICAS	22
FIGURA 3: DELIMITACIÓN DE LAS PLACAS TECTÓNICAS	22
FIGURA 4: TIPOS DE SISMOS	23
FIGURA 5: CAJAMARCA TRAZADO POR MARTÍNEZ COMPAÑÓN–SIGLO XVII.....	31
FIGURA 6: ESTRUCTURA DE UNA EDIFICACIÓN DE ADOBE DE DOS PISOS.....	36
FIGURA 7: (A) FALLA TÍPICA EN TRACCIÓN, (B) GRIETAS EN PARTE SUPERIOR DE LAS ESQUINAS DE UNA EDIFICACIÓN DE ADOBE, (C) COLAPSO DE MURO PERPENDICULAR A LOS ESFUERZOS DE TRACCIÓN GENERADOS POR UN SISMO.	38
FIGURA 8: FALLA EN MUROS NO PORTANTES.	39
FIGURA 9: (A) FALLA TÍPICA POR FLEXIÓN EN MUROS CON ESBELTEZ HORIZONTAL, (B) COLAPSO EN FORMA DE U EN MUROS LARGOS POR FALLA A FLEXIÓN, ÁNCASH 1970.	40
FIGURA 10: (A) FALLA TÍPICA POR FLEXIÓN EN MUROS CON ESBELTEZ VERTICAL. (B) FALLA HORIZONTAL POR FLEXIÓN EN VIVIENDA DE ADOBE, ICA 2007).	40
FIGURA 11: (A) GRIETAS EN X DEBIDO A FUERZAS CORTANTES (B) FALLA POR CORTE GENERADO EN VANOS. (C) FALLA POR CORTE EN MURO DE ADOBE, ICA 2007.	41
FIGURA 12: (A) MURO ESBELTOS EN EDIFICACIONES DE ADOBE EN EL CENTRO HISTÓRICO CAJAMARCA.....	42
FIGURA 13: RELACIÓN DE VANOS Y MUROS EN UNA EDIFICACIÓN DE ADOBE.....	43
FIGURA 14: PERDIDA DE VERTICALIDAD DE MUROS DEBIDO A UN INADECUADO SISTEMA DE CONEXIÓN ENTRE MUROS EN VIVIENDAS CAJAMARQUINAS.....	44
FIGURA 15: INADECUADA CONEXIÓN ENTRE MUROS DE ADOBE EN VIVIENDAS DE CAJAMARCA.	45
FIGURA 16: (A) ENTREPISOS EN EDIFICACIONES DE ADOBE. (B) FALLAS EN ENTREPISO VIVIENDA DE ADOBE, ICA 2007.	46
FIGURA 17: FALLAS EN ENTREPISO EN LAS EDIFICACIONES DE ADOBE.....	46
FIGURA 18: FALLAS POR PUNZONAMIENTO EN EDIFICACIONES DE ADOBE EN CAJAMARCA.	47

FIGURA 19: FALTA DE CRITERIO TÉCNICO EN LA COMBINACIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.	48
FIGURA 20: DEFORMACIÓN DE ENTREPISO EN VIVIENDAS DE ADOBE	49
FIGURA 21: DERRUMBE PARCIAL DE LA CUBIERTA, ESTE DERRUMBE PUEDE SER CON COLAPSO O SIN COLAPSO DE MUROS.....	49
FIGURA 22: COBERTURA DE TEJA EN MALAS CONDICIONES.....	50
FIGURA 23: MUSEO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA EN UN PÉSIMO ESTADO DE CONSERVACIÓN.	51
FIGURA 24: INMINENTE COLAPSO DE UNA EDIFICACIÓN DE ADOBE EN EL CENTRO HISTÓRICO DE CAJAMARCA.....	51
FIGURA 25: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA JUAN CLEMENTE VERGEL, EX 91.	55
FIGURA 26: UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL COLEGIO ESTATAL NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED.	56
FIGURA 27: RELACIÓN L/A SEGÚN EL NÚMERO DE BORDES ARRIOSTRADOS POR TIMOSHENKO Y WOINOWSKY.....	64
FIGURA 28: RECONOCIMIENTO DE EDIFICACIONES EN ESTUDIO A) NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED B) JUAN CLEMENTE VERGEL EX 91	68
FIGURA 29: LEVANTAMIENTO DE LAS EDIFICACIONES Y VERIFICACIÓN DE DIMENSIONES. A) NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED B) JUAN CLEMENTE VERGEL EX 91	69
FIGURA 30: (A) HUMEDAD Y DESPRENDIMIENTO EN TECHO DE LA EDIFICACIÓN, (B) VIGAS APOLILLADAS E GRAN PARTE DEL COLEGIO LA MERCED.	70
FIGURA 31: INCOMPATIBILIDAD DE MATERIALES EN MUROS DE ADOBE	71
FIGURA 32: DESPRENDIMIENTO DE TARRAJEO EN MUROS.....	71
FIGURA 33: MUESTRAS DE ADOBE DEL COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED.	72
FIGURA 34: MUESTRAS CUBICAS DE ADOBE DE 0.1 M DE LADO.....	73
FIGURA 35: ENSAYO A COMPRESIÓN EN MAQUINA UNIVERSAL, LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES	75
FIGURA 36: DETERMINACIÓN DEL PESO DEL ADOBE DE MUESTRA.	78
FIGURA 37: ESTABILIDAD DE MUROS NO PORTANTES EN LA EDIFICACIÓN NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED – PRIMER NIVEL.....	104
FIGURA 38: ESTABILIDAD DE MUROS NO PORTANTES EN LA EDIFICACIÓN NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED – SEGUNDO NIVEL	105

FIGURA 39: ESTABILIDAD DE MUROS NO PORTANTES EN LA EDIFICACIÓN JUAN
CLEMENTE VERGEL – EX 91105

RESUMEN

El Centro Histórico de la ciudad de Cajamarca se ha caracterizado por sus edificaciones coloniales, que en su mayoría están construidas de adobe y piedra, y donde gran parte de ellas han sido consideradas patrimonios culturales. Hoy en día existen edificaciones con estas características que cumplen las funciones de instituciones educativas, albergando en sus instalaciones gran cantidad de personas, y que debido a su material y técnica de construcción presentarían gran riesgo para sus ocupantes. Debido a esto es que aumenta la necesidad de preservarlas y mantenerlas de la mejor forma posible, siendo imprescindible la prevención de este tipo de edificaciones ante fuerzas sísmicas, fenómenos con gran impacto destructivo en estructuras construidas con estos materiales. A raíz de esto es que la presente tesis tiene como objetivo determinar y analizar la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced Instituciones Educativas Públicas de adobe ubicadas dentro del centro Histórico de Cajamarca. Los datos necesarios se obtuvieron mediante levantamientos arquitectónicos y visitas a las edificaciones mencionadas siendo procesados utilizando fichas de reporte de edificaciones de adobe. De acuerdo a los parámetros obtenidos tales como: Densidad de muros inadecuada, Regular estado Actual de las Edificaciones y muros No portantes Inestables con grados de incidencia de 60%, 30% y 10 % respectivamente, se determinó la vulnerabilidad sísmica de ambas Instituciones de adobe analizadas en el centro histórico de Cajamarca, obteniendo una calificación numérica de 2.6, valor dentro del rango de una calificación de vulnerabilidad sísmica alta, por lo que ante un sismo considerable estas edificaciones sufrirían grandes daños con un posible colapso de las mismas.

PALABRAS CLAVE

Adobe, sismo, comportamiento estructural, vulnerabilidad sísmica, análisis sísmico, edificación, muros de adobe.

ABSTRACT

The Historic Centre of the Cajamarca City has been characterized because its colonial buildings, which most are building of adobe and stone and also most part of them have been considered cultural patrimonies. Nowadays there are edifications with these characteristics that fulfil the functions of educational institutions, where housing in their facilities a lot of people and that due to their material and construction technique these building present risk for their occupants. For this reason, it increases the need to preserve it and keep it the best possible way, being essential the prevention of this kind of edifications face of seismic forces, which are the main phenomena with great impact on structures built with this materials. As a result of this, the current thesis has as purpose to determine and analyse he Seismic Vulnerability of Building Juan Clemente Vergel and Nuestra Señora de la Merced Public Educational Institutions of adobe located in the Historic Center of Cajamarca. The necessary information were obtained through architectural surveys and visits to the buildings mentioned above which are processed using report cards of adobe buildings. According to the parameters obtained such as: Inadequate wall density, Regular Current State of the Buildings and Non-bearing walls Unstable with incidence levels of 60%, 30% and 10% respectively, the Seismic Vulnerability of both adobe Institutions analyzed in the historic center of Cajamarca was determined, obtaining a numerical rating of 2.6, value within the range of a high seismic vulnerability rating, so that face of a considerable earthquake these buildings would suffer great damages with a possible collapse of the ones.

KEY WORDS

Adobe, earthquake, structural behavior, seismic vulnerability, seismic analysis, building, adobe walls.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Los sismos son fenómenos naturales producidos por la liberación de energía acumulada en forma de ondas cuyo momento de ocurrencia, magnitud y localización no es controlable por el hombre. Este fenómeno se puede dar en todo el mundo, sin embargo existen regiones donde su frecuencia e intensidad son mayores, siendo estos los países situados en las fronteras con el océano pacífico, zona denominada círculo o anillo de fuego del pacífico.

El Perú situado dentro de este denominado círculo de fuego, se ubica como una de las regiones de más alta actividad sísmica, por lo que siempre está obligado a elaborar y renovar su plan de mitigación de desastres a partir del estado actual de la infraestructura peruana, sobre todo de las edificaciones esenciales como los Centros Educativos, teniendo un especial cuidado con las edificaciones elaboradas de adobe que debido a su calidad de material y técnica de su construcción son las más vulnerables. (Kuroiwa, 2002)

El departamento de Cajamarca, ubicado en la sierra norte del territorio Peruano, con una zona sísmica III (Norma E.030, 2016) presenta gran infraestructura histórica elaborada con adobe, muchas de ellas consideradas como patrimonio histórico, y que debido a su antigüedad y a las características de su material, presentarían un alto índice de vulnerabilidad. Así lo reflejan estudios sobre vulnerabilidad en edificaciones de adobe en Cajamarca, donde el 95.83% de edificaciones de adobe analizadas presentan una vulnerabilidad sísmica alta y solo el 4.17% presentan un nivel de vulnerabilidad sísmica baja (Tafur y Narro, 2006).

Hoy en día existen edificaciones de adobe actualmente utilizadas como Centros Educativos Públicos y calificadas como esenciales, pues su uso alberga gran cantidad de estudiantes, dichas edificaciones están ubicadas en una zona sísmica severa con una densidad poblacional alta (Indeci, 2005). Con estas características tenemos las edificaciones: Juan Clemente Vergel y Nuestra señora de La Merced dos grandes Instituciones educativas públicas que están elaboradas en su gran parte de adobe y están ubicadas dentro del centro histórico de Cajamarca, cabe mencionar que existen otras edificaciones con estas características, sin embargo estas solo presentan el muro frontal de adobe (Fachada), puesto que el resto de la construcción fue demolida o es de otro material, por lo que no se considerará en esta investigación.

1.2. Formulación Del Problema

¿Cuál es el nivel de la Vulnerabilidad Sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de Adobe Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced Ubicadas en el Centro Histórico de Cajamarca?

1.3. Justificación

Ante los problemas existentes en edificaciones de adobe que albergan gran cantidad de personas, la antigüedad de las edificaciones y la falta de criterio sismorresistente en su construcción, es que aumenta la necesidad de conocer y analizar el estado actual de dichas instituciones, conocimientos básicos para iniciar estudios de reconstrucción, rehabilitación, refuerzo y mantenimiento de las edificaciones más antiguas de adobe, además de ser información necesaria para poder incluirlas dentro de un plan de mitigación de desastres.

Asimismo, los Centros Educativos Públicos de adobe Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de La Merced, edificaciones declaradas como monumentos históricos según R. M. N°796-1986-ED deben ser analizadas, por el valor histórico que representa, por lo que, siendo elementos pertenecientes a la historia y tradición de Cajamarca será necesario analizarlos y preservarlos.

1.4. Hipótesis

“La vulnerabilidad sísmica de las Instituciones Educativas Públicas de Adobe Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced ubicadas en el centro histórico de Cajamarca es alta debido a la antigüedad de su construcción, materiales utilizados, inadecuada densidad de muros y al actual estado de conservación.”

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo Principal

- Determinar la vulnerabilidad sísmica de las Edificaciones Educativas Públicas de adobe Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar la densidad de muros de las Edificaciones Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced
- Realizar una evaluación del estado actual las edificaciones Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced
- Verificar la estabilidad de muros no portantes al volteo de las edificaciones Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced
- Determinar la resistencia a compresión de una muestra de adobe de las edificaciones analizadas.

A continuación se describe los contenidos de cada capítulo de la investigación:

En el capítulo I “INTRODUCCIÓN” Es de carácter informativo y se expone los aspectos que engloba la presente investigación como son: el problema, la hipótesis que enmarca la investigación, la justificación por la cual se ha desarrollado la tesis, el objetivo que plantea la investigación y una descripción de lo que se presentará en cada Capítulo de la tesis.

En el capítulo II “MARCO TEÓRICO” se desarrolla el material bibliográfico como investigaciones realizadas del tema sus conclusiones y recomendaciones, asimismo se presenta conceptos y bases teóricas, conocimiento necesario para el desarrollo del tema, por último se presentan definiciones básicas acerca del análisis de vulnerabilidad, el adobe como unidad de construcción y términos utilizados en la elaboración de la investigación, siendo necesarios para un buen entendimiento del proyecto.

El capítulo III “MATERIALES Y MÉTODOS” comprende los materiales necesarios para la elaboración del proyecto, materiales de medición, tipo y programas para el procesamiento de datos, además de la ubicación del proyecto de investigación, este capítulo contiene también la metodología que se aplicó para la obtención de los resultados y análisis de la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones Nuestra Señora de La Merced y Juan Clemente Vergel Ex 91.

En el capítulo IV “ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS” se describe los resultados de la investigación, explicando y discutiendo detalladamente según los objetivos que han sido planteados. Además se explica y compara los resultados obtenidos en el desarrollo de la investigación con investigaciones anteriores.

En el capítulo V “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES” se presentan las conclusiones obtenidas de acorde a los resultado de la investigación, se describe también algunas recomendaciones que se cree necesario para poder ampliar o mejorar futuras investigaciones sobre este tema.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se presentan algunas investigaciones realizadas que guardan relación con esta investigación, las cuales sirven como base para la realización de esta tesis.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Sturm, 2008), en su tesis de grado “Valparaíso: su patrimonio histórico y los sismos”, realizó investigaciones sobre la vulnerabilidad de edificios históricos en Valparaíso, donde realiza un primer intento por establecer una metodología para analizar de manera simple, si un edificio antiguo es resistente a futuros sismos. En otra etapa de la investigación aplicó métodos de análisis de diferentes investigaciones de México, Portugal, Perú e Italia, adecuándolos a dos edificios patrimoniales de Valparaíso. Concluyó que para determinar la vulnerabilidad de los edificios históricos construidos especialmente con terminaciones sencillas y de poco peso, basta con usar métodos de primer Nivel, en particular la densidad de muros, pues concluye que la principal razón para que se conserven los edificios históricos frente a grandes terremotos en Chile, además de una buena conexión entre muros, es el hecho de tener una densidad de muros adecuada en ambas direcciones de la planta.

(Arteaga, 2016), en su tesis, “Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca Ecuador”. Analiza de manera particular la vulnerabilidad sísmica de una edificación ubicada en el centro histórico de la ciudad de Cuenca y valora el índice de daño ante la presencia de un sismo de diseño tal cual lo establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Concluye en que la evaluación de la vulnerabilidad sísmica y el índice de daño se transforma en un aspecto fundamental en el estudio del patrimonio histórico para contar con un respaldo ante el escenario de un evento sísmico, además indica que la evaluación debe ser concebida a detalle y debe hacerse para cada edificación, debido a la caracterización propia de sus materiales de construcción y configuración estructural distinta.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Esquivel, 2009), en su tesis, “Sistemas de Refuerzo Estructural en Monumentos Históricos de la Región Cusco”, concluye que: Las estructuras correspondientes a monumentos históricos no pueden analizarse estructuralmente como si fuesen edificios modernos, ya que se componen de otros materiales y su comportamiento es distinto frente a los sismos, Dichas estructuras tienen poca ductilidad frente a acciones sísmicas, y por otro lado gran masa, lo que les hace vulnerables a sismos severos.

(Gutiérrez y Manco, 2006), en su tesis de investigación se desarrolló una metodología para estimar la vulnerabilidad de las construcciones de tierra (adobe y tapial), describiendo y evaluando las principales características estructurales de cuatro viviendas existentes de tierra, donde se concluyó y comprobó que las viviendas de tapial y adobe son las más vulnerables. Además el hecho de considerar dichas viviendas como representativas permitió mostrar que gran número de viviendas de características similares presentarían las mismas tendencias y durante un sismo severo estas colapsarán.

(Lozano, 2008), metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificaciones en centros Urbanos concluye que, El análisis de vulnerabilidad y riesgos es la fuente básica para incorporar la gestión de riesgos en los procesos de ordenamiento territorial y sirve para lo siguiente: Promover y orientar el crecimiento de los centros urbanos, sobre las zonas que presentan los mejores niveles de aptitud y seguridad física ante las amenazas, Proponer medidas de mitigación y prevención de riesgos a desastres, como instrumentos de ordenamiento territorial a ser incorporados en Plan de Ordenamiento respectivo e identificar y priorizar proyectos y acciones que permitan la reducción del riesgo ante desastres sobre diversas áreas y situaciones de vulnerabilidad del centro urbano.

(Marín, 2012), en su tesis magistral realizó una investigación sobre la Evaluación del riesgo sísmico del centro Histórico de la ciudad de Huánuco, llegando a las siguientes conclusiones: La evaluación del riesgo sísmico es un tema trascendente por las graves consecuencias, que conlleva vivir con un peligro potencial como los sismos, ya que no solo provocan daños a las estructuras, sino que causan pérdidas de vidas humanas, como el suceso lamentable del terremoto de Huaraz del 31 de mayo 1970. La alta vulnerabilidad de las edificaciones de adobe se debe a su antigüedad, a que ofrecen una mala resistencia convencional, además que no poseen ductilidad. Esto sumado a la presencia de humedad en los muros, ocasiona que los enlaces entre las partículas de arcilla del adobe se debiliten, lo que origina un pésimo comportamiento sísmico en dichas edificaciones, además del análisis de todas las viviendas, gran porcentaje de edificaciones están construidas con mampostería y tienen una deficiente densidad de muros en una de sus direcciones (paralelo a las fachadas) por lo que, casi en la totalidad de estas edificaciones de adobe presentan vulnerabilidad media con tendencia a alta

(Muñoz y Tinman, 2001), en su artículo del sismo de Arequipa del 2001 y la vulnerabilidad de las edificaciones peruanas, describieron el comportamiento y desempeño de centros educativos en la zona afectada de dicho terremoto, concluyendo con la necesidad de ejecutar un programa de reforzamiento de centros educativos y hospitales con metas acordes a las probabilidades económicas del país. Debiéndose plantear sistemas de reforzamiento que garanticen una reducción significativa del daño de los sismos.

(Mosqueira y Tarque , 2005), en su tesis magistral desarrollo una metodología para determinar el riesgo sísmico de viviendas informales de albañilería confinada. Esta metodología fue aplicada a una muestra de 270 viviendas distribuidas en 5 ciudades de la costa peruana (Chiclayo, Trujillo, Lima, Ica y Mollendo). Se concluyó que el 72% de las viviendas informales analizadas tiene vulnerabilidad sísmica alta, 18% vulnerabilidad sísmica media y el 10 % vulnerabilidad sísmica baja. Esta metodología está siendo utilizada con el fin de obtener el riesgo sísmico de edificaciones de albañilería en las ciudades de Huaraz, Arequipa y Cajamarca.

2.1.3. Antecedentes Locales

(Díaz, 2015), En su tesis de grado, Determinó la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach – Ex Palacio Municipal en la Ciudad de Cajamarca, concluyendo, que la edificación patrimonial de adobe “Casona Espinach” presenta una vulnerabilidad sísmica alta, esto debido a la falta de refuerzo en su estructura, antigüedad de la edificación y comportamiento sísmico de la edificación de adobe ante sollicitaciones sísmicas.

(Tafur y Narro, 2006), con su tesis, “Estudio de la vulnerabilidad de viviendas en la Ciudad de Cajamarca”. Realizaron un estudio de vulnerabilidad llegando a los siguientes resultados: el 69% de las viviendas cajamarquinas tienen una vulnerabilidad sísmica alta, el 19% tienen una vulnerabilidad sísmica media y el 12% una vulnerabilidad sísmica baja. De las viviendas de adobe el 95.83% tienen vulnerabilidad sísmica alta y el 4.17% con bajo nivel de vulnerabilidad sísmica baja. Mientras que las viviendas de tapial el 16.67% tienen vulnerabilidad sísmica alta, el 66.67% tienen una vulnerabilidad sísmica media y el 16.67% vulnerabilidad sísmica baja. Las viviendas de albañilería de ladrillo de arcilla confinada tienen un 74.14% de vulnerabilidad alta, el 12.07% vulnerabilidad media y el 13.79% vulnerabilidad Baja.

(Instituto Nacional de Defensa Civil Indeci, 2005), En su Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca se describió las propuestas de mitigación con el fin de orientar las políticas y acciones de la MPC y otras entidades vinculadas al desarrollo de Cajamarca teniendo criterios de seguridad ante peligros naturales mediante la estimación de niveles de riesgos de acuerdo a sectores de la ciudad, estos comprenden una evaluación de peligros y vulnerabilidad como referencia en la zona de estudio.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. SISMOS

El instituto Geofísico del Perú lo define como la liberación súbita de energía generada por el movimiento de grandes volúmenes de roca en el interior de la tierra, entre su corteza y manto superior, que se propagan en forma de vibraciones a través de las diferentes capas terrestres.

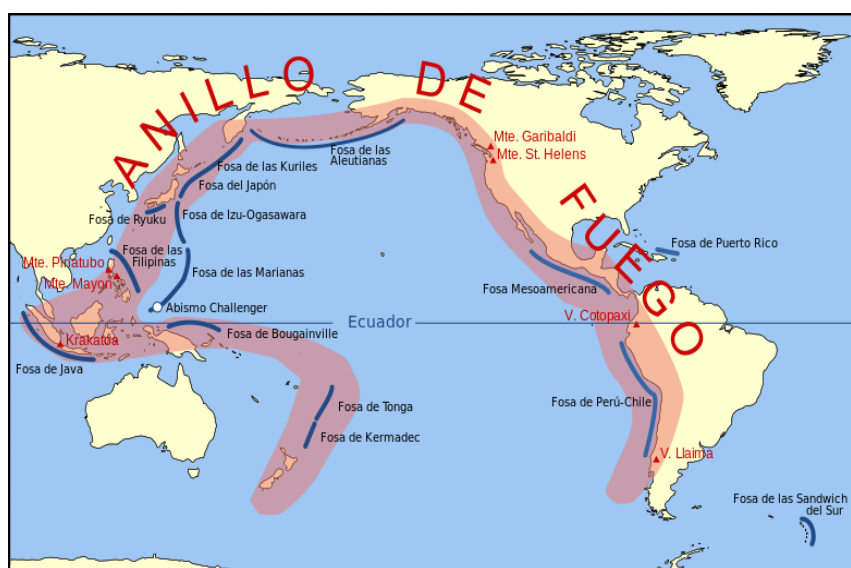
Los sismos son fenómenos naturales producido por la liberación de energía acumulada en forma de ondas sísmicas cuyo momento de ocurrencia, magnitud y localización no es controlable por el hombre. Este fenómeno se puede dar en todo el mundo sin embargo existen regiones donde su frecuencia e intensidad son mayores, siendo estos los países situados en las fronteras con el océano pacífico denominado círculo o anillo de fuego del pacifico.

El Perú está ubicado al borde del encuentro de dos placas tectónicas, la placa Sudamericana y la placa Nazca ubicados dentro de este círculo del pacifico, las cuales interactúan entre sí, produciéndose un proceso de subducción, que es la causa de la mayor parte de los macrosismos en la parte occidental de nuestro territorio.

Los sismos locales y regionales tienen su origen en la existencia de fallas geológicas locales. Estos movimientos telúricos son de menor magnitud, pero al producirse muy cerca de la superficie, tienen un gran poder destructor.

El terremoto más destructivo en la historia peruana se produjo en mayo de 1970, el cual causó alrededor de 70 000 víctimas, entre muertos y desaparecidos, en su mayor parte en el departamento de Ancash. (PREDES, 2016)

Figura 1: Círculo o Anillo de Fuego del Pacífico



Fuente: Wikipedia, Enciclopedia virtual. Noviembre 2016,

2.2.1.1. Causas de los Sismos

(Kuroiwa, 2002:93 - 98)

A lo largo de los años los investigadores se han planteado teorías que puedan resolver las interrogantes que a pesar de investigaciones en varios campos de la tierra aún no habían sido resueltas. Claro ejemplo es la evolución que han sufrido las teorías sobre el estudio de los fenómenos sísmicos.

Por ejemplo, la teoría de “La Deriva de los Continentes” propuesta por el meteorólogo alemán Alfredo Wegener en 1912 la cual sostenía que los continentes formaban una gran masa única, que después se fraccionaría hasta llegar a formar los que son ahora los continentes, A raíz de esto surgieron interrogantes que aún faltaban resolver, llevando el desarrollo de nuevas teorías.

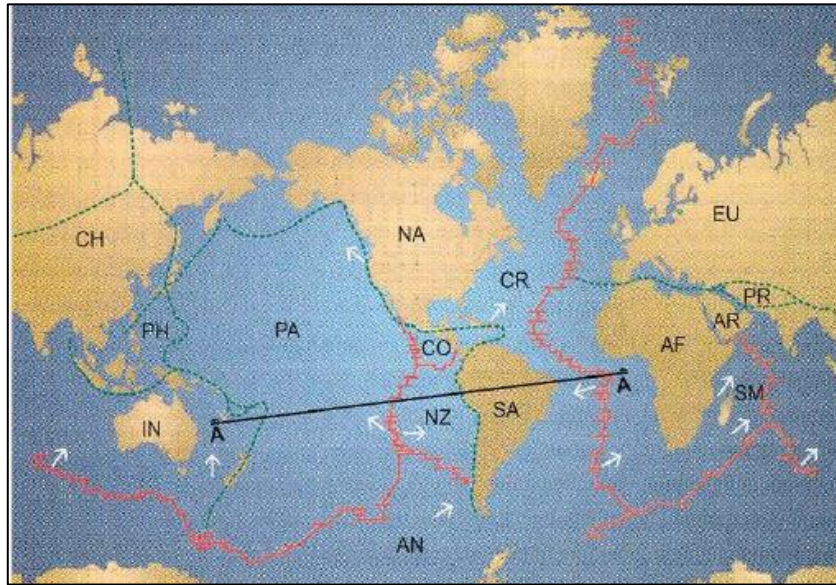
La teoría del Rebote Elástico propuesta por Reid afirma que cuando una parte de la superficie terrestre se desplaza de manera continua respecto a una zona adyacente, las masas de roca se distorsionan y acumulan energía, pero al llegar a su límite de resistencia, se produce ruptura; la parte distorsionada recupera su posición original y el corrimiento de una zona con respecto a la vecina se marca permanentemente en las carreteras, cercos y líneas de árboles las cuales quedan desfasadas y continuas. Esta teoría del Rebote elástico explica los sismos que ocurren en California, pero presenta dificultades cuando trata de aplicarse a sismos que ocurren en otros lugares, como en la costa occidental de Sudamérica. Estos fenómenos sumados a otros problemas crearon interrogantes en los sismólogos que trataban de resolver mediante investigaciones más precisas y nuevos inventos.

En 1963 se propuso la teoría de expansión de los fondos oceánicos el cual indica que los fondos marinos se mueven arrastrando consigo los continentes la cual complementaba a la teórica de la Deriva de los continentes de Wegener, llegando recientemente así a la Nueva Tectónica Global.

Gracias a los aportes de la teoría de la Deriva de los Continentes y su complementación con la teórica de la Expansión de los fondos Oceánicos es que se empezó a estudiar los mecanismos de los sismos desde estos nuevos enfoques. El avance más significativo que se ha obtenido es la comprensión, en términos físicos de las causas y de qué manera se acumula energía en zonas muy restringidas de la tierra y como ocurren los diferentes tipos de sismos.

La comprobación de que las placas oceánicas se generan en las dorsales y se consumen en las zonas de subducción, y la determinación precisa de la ubicación de los sismos que ocurren en el mundo, ha llevado a la conclusión que la superficie terrestre está conformada por placas.

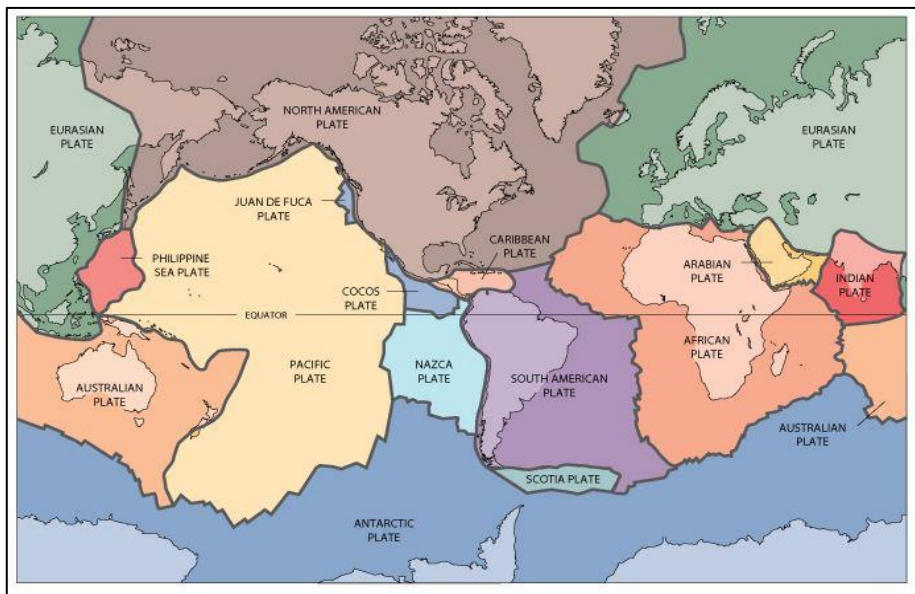
Figura 2: Distribución de las Placas Tectónicas



Fuente: Viviendo en Armonía con la Naturaleza (Julio Kuroiwa)

El estudio y las teorías sobre estas zonas han marcado los inicios de la tectónica de placas, que constituye toda una rama especializada de la geofísica. Las zonas con peligrosidad alta se encuentran en áreas delimitadas por las diferentes placas tectónicas. (Marín, 2012:33)

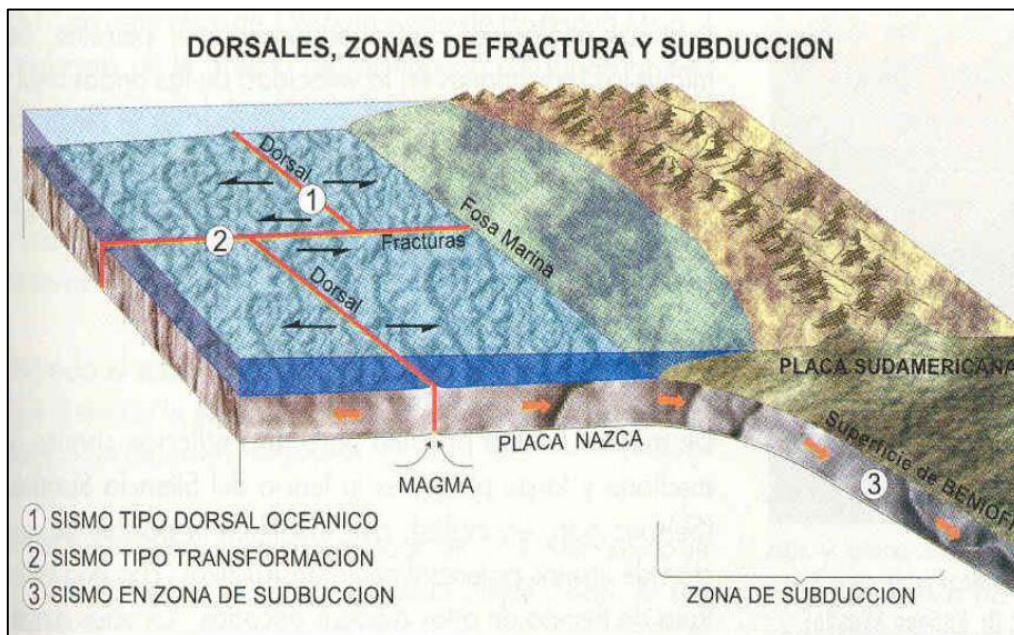
Figura 3: Delimitación de las placas tectónicas



Fuente: Wikipedia, Enciclopedia virtual. Noviembre 2016.

En el borde donde se generan estas placas y cerca al mismo ocurren dos tipos de sismos superficiales; el primero debido al tipo de falla Normal, causado por la tensión de las placas que se están separando en direcciones opuestas; y el segundo, por el corrimiento en las fracturas transversales.(ver figura 04)

Figura 4: Tipos de Sismos



Fuente: Viviendo en Armonía con la Naturaleza (Kuroiwa Horiuchi, 2002)

2.2.1.2. Clasificación de los Sismos

(Kuroiwa, pág. 100)

Los sismos, por su origen, se clasifican en:

- Tectónicos
- Volcánicos, y
- De colapso

Según la profundidad de su foco pueden ser:

- Superficiales: Si el foco se ubica entre 0 y 60 km
- Intermedios: Entre 60 y 300 km de profundidad, y
- Profundos: de 300 a 700 km, que es la máxima profundidad focal registrada.

2.2.2. EVALUACIÓN SÍSMICA

En la actualidad, estudios apoyados con nuevas tecnologías han permitido mejorar el amplio conocimiento sobre los sismos ocurridos a lo largo de los años, sin embargo existe aún la incertidumbre y el descontento por parte de los sismólogos sobre la predicción, ubicación y la cuantificación de la fuerza que será liberada durante un sismo.

Este problema ha sido investigado profundamente y sin grandes resultados debido a su complejidad, ya que solamente existen muy pocos casos de sismos superficiales, el ejemplo más conocido internacionalmente es la predicción del sismo de origen tectónico de Haicheng provincia de Liaonung China, en 1975.

Aunque aún no existe un método certero para este problema existen métodos empíricos que pueden ayudar a la predicción de estos eventos, aunque no son confiables, de manera excepcional y utilizando métodos más rigurosos se han podido predecir sismos de pequeña magnitud en Estados Unidos y Rusia, existen también teorías de utilidad práctica que pueden ayudar en la predicción sísmica ya sea a mediano o largo plazo denominada Teoría del silencio sísmico.

A pesar del gran esfuerzo desplegado por los sismólogos chinos, norteamericanos, japoneses y de otras nacionalidades, son muy poco los aciertos, y numerosos los fracasos en la predicción de los sismos. (Kuroiwa, 2002:99).

Sin embargo existen grandes avances en el estudio y conocimiento del origen, evaluación y forma de propagación de los sismos. En las últimas décadas ha existido un avance en el estudio de la sismología técnica y computacional que ha permitido reducir la variabilidad en la evaluación de los movimientos del terreno. El tamaño de un sismo se puede caracterizar por la intensidad, magnitud o por el momento sísmico, siendo éste último la caracterización más adecuada, debido a que está relacionado directamente con el producto del área de la ruptura de la falla y el desplazamiento promedio de la misma. (Marín, 2012:17)

2.2.2.1. Magnitud Sísmica

(Kuroiwa, 2002:101).

Es una medida indirecta de la cantidad total de energía que se libera por medio de las ondas sísmicas durante el evento sísmico, la que puede estimarse de las amplitudes de las ondas sísmicas registradas en los sismógrafos, que son instrumentos muy sensibles especialmente diseñados para este fin, que generalmente se colocan sobre suelo rocoso. Este parámetro es independiente de la distancia entre el hipocentro y el sitio de observación, y resulta de un valor único que mediante un análisis matemático de los registros, llamados sismogramas, de varias estaciones, es posible determinar el epicentro, la profundidad focal y calcular la

magnitud del sismo. Existen diversas escalas que calculan la magnitud de un sismo entre ellas tenemos Magnitud de ondas superficiales, Magnitud de ondas de cuerpo, Magnitud local, magnitud de momento y magnitud local o de Richter siendo esta última la más utilizada.

Magnitud Local o de Richter: Es la escala de magnitud más conocida es precisamente la propuesta por Richter, definiéndolo como una medida cuantitativa del tamaño de un terremoto. Richter la relacionó indirectamente con la liberación de la energía la cual es independiente del lugar de observación, se expresa en números arábigos, con aproximaciones hasta los décimos. Por ejemplo, el sismo de Ancash del 31 de mayo de 1970, fue de magnitud 7,8. Como la relación entre la escala de magnitud y la energía se expresa exponencialmente ($10^{1.5} = 31,5$), un sismo de un grado mayor que otro, es 31,5 veces más grande y unas mil veces mayor que otro 2 grados menor.

2.2.2.2. Intensidad Sísmica

(Kuroiwa, 2002:101).

La intensidad o escala de observaciones es la medida o estimación empírica de la vibración o sacudimiento del suelo, a través de como el hombre percibe las vibraciones sísmicas en el ambiente en que vive, el grado de daños que causan en las construcciones y los efectos que tienen sobre la naturaleza.

Como se trata de factores arbitrarios y subjetivos, se confeccionaron varias escalas descriptivas de los hechos para una normalización a nivel mundial. La Mercalli Modificada, usada en las Américas y la MSK, usada en Europa, son las dos escalas más conocidas.

Escala de Mercalli Modificada Es la más difundida que cuenta con doce grados del I al XII desarrollada para evaluar la intensidad de los sismos a través de los efectos y daños causados a distintas estructuras, esta no está determinada por su magnitud, sino que se basa en sus consecuencias, empíricamente observadas, Para su determinación se realiza encuesta a personas dispersas en una gran área, que incluya la zona donde se tiene algún conocimiento que fue la de mayor el daño producido. Con esta información consignada en dichas encuestas se procede a determinar la intensidad del sismo en cada una de ellas, previa calificación del encuestado, luego se dibujan líneas que unan puntos de igual intensidad sísmica las que se denominan Isosistas. Las cuales muestran las intensidades del sismo, ubicando teóricamente la de mayor intensidad en el centro. El área de las líneas Isosista da una idea de la profundidad del Foco, ya que áreas pequeñas indican sismos superficiales y áreas grandes corresponderá a sismos profundos. (Estrada , 2012:11)

2.2.2.3. Momento Sísmico

El momento de un terremoto o momento sísmico M_0 es quizás el mejor parámetro que puede utilizarse para medir el tamaño de un sismo. Mientras que la magnitud es una medida conveniente del tamaño de un sismo determinado directamente de un sismograma, M_0 es una medida físicamente significativa del tamaño del sismo, sin estar sujeta a los problemas que se encuentran en la magnitud. De hecho, M_0 está directamente relacionada con los parámetros fundamentales del proceso de falla. Esta medida está siendo cada vez más usada por los sismólogos debido a su mayor fiabilidad. (Mena, 2002:21)

2.2.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA

La vulnerabilidad sísmica es una de las características más importantes para el estudio del riesgo sísmico y la mitigación de desastres por efectos de los sismos, es el grado de susceptibilidad de una o un grupo de edificaciones, a sufrir daños parciales o totales, representados en bienes materiales y en vidas humanas, Kuroiwa (2002:122) define como el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones realizadas por el hombre durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, al calidad de materiales y al técnica de construcción.

Existen diversas metodologías para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones, las cuales dependerán de los aspectos estructurales, funcionales, operativos y urbanos, para que pueda proporcionar información útil para la prevención de desastres. A pesar de esto no existe una metodología estándar para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica por lo que el método utilizado dependerá de las características de la estructura y del alcance de la investigación.

2.2.3.1. Tipos de Vulnerabilidad

✓ *Vulnerabilidad por origen*

Se define como el grado de susceptibilidad o predisposición de las estructuras físicas, socioeconómicas y medioambientales, constituidas y construidas sin ningún tipo de control ni planificación, las cuales pueden sufrir daño o pérdida a causa de un fenómeno natural.

El acelerado crecimiento de las ciudades y los procesos asociados al "desarrollo", sumado a la creciente demanda de soluciones habitacionales, ha ocasionado un incremento de la urbanización, trayendo como consecuencia la construcción de asentamientos informales localizados en zonas marginales y en terrenos poco aptos para la construcción de edificaciones, tales como laderas y llanuras, de inundación, construidas sin

ningún tipo de asistencia o normatividad técnica siendo vulnerables desde su origen, este tipo de situación se le puede denominar, Vulnerabilidad por origen. (Maskrey y Romero, 1986)

✓ ***Vulnerabilidad progresiva***

Existen asentamientos que, siendo emplazados en zonas seguras desde su origen, se han vuelto vulnerables con el tiempo debido, por lo general al deterioro de viejas construcciones en áreas densamente pobladas, tales como tugurios, inquilinatos, vecindades, zonas históricas, zonas de deterioro urbanístico, etc., con deficiente calidad constructiva y deterioradas por la falta de mantenimiento; muchas transformadas mediante ampliaciones, demoliciones o adiciones. También existen asentamientos en donde se pueden encontrar edificaciones que aunque han sido diseñadas y construidas de acuerdo con códigos sísmicos de una determinada época, pueden estar desactualizadas, a la luz de las normas sísmicas vigentes, a estas situaciones se les denomina: Vulnerabilidad progresiva

2.2.3.2. Componentes de la vulnerabilidad sísmica.

Según Cardona (1990) la vulnerabilidad sísmica puede ser física o funcional, la primera está relacionada con la capacidad que tiene la edificación para comportarse adecuadamente frente a la acción sísmica durante su vida útil y que pueden afectar los elementos estructurales que componen el sistema de soporte del edificio (vulnerabilidad estructural), al igual que los elementos no estructurales, tales como los componentes arquitectónicos, divisiones, instalaciones, equipos, etc.

La falla de los elementos no estructurales puede causar la inhabilitación del edificio para su buen funcionamiento o para su ocupación temporal (Vulnerabilidad no estructural). La segunda está relacionada con la capacidad de la edificación de seguir prestando el servicio para el que fue diseñada y construida.

Vulnerabilidad física.

(Peralta, 2002)

La vulnerabilidad física de una edificación o un grupo de ellas, está definida como el grado de susceptibilidad o predisposición de los elementos estructurales y no estructurales a sufrir daño o pérdida, puede ser de tipo estructural o no estructural.

✓ ***Vulnerabilidad estructural***

Se define como el grado de susceptibilidad en que pueden afectarse los elementos que componen el sistema de soporte de la edificación (muros de carga, pórticos de concreto o acero, entre otros), los cuales son el

resultado de la calidad de la construcción, su estado de conservación, la configuración y forma, así como el tipo de estructura y las características del suelo y la fundación.

Calidad de la construcción: se refiere a la calidad de los materiales utilizados para la construcción, que garantizan una adecuada resistencia y capacidad de la edificación para absorber y disipar la energía sísmica.

Estado de conservación de la construcción: se refiere a las condiciones de deterioro representadas en lesiones físicas (humedad, erosión, etc.), mecánicas (deformaciones, grietas, fisuras, desprendimientos, etc.)

Tipo de estructura: generalmente pueden considerarse tres tipos estructurales los conformados por entramados o pórticos de concreto reforzado, acero estructural o madera. También por muros o paredes portantes, normalmente de bloque, ladrillos o paneles y por la combinación de los anteriores, es decir, estructuras compuestas.

Características del suelo y la cimentación: A pesar que una estructura ofrezca una apariencia de rigidez y resistencia aceptable, puede ocurrir que la misma no pueda soportar en forma adecuada un movimiento sísmico debido a la inestabilidad del suelo sobre el cual fue cimentada.

✓ ***Vulnerabilidad no estructural***

Es el grado de susceptibilidad de los elementos arquitectónicos, tales como cielorrasos, paneles, tabiques, ventanas, áticos, cornisas, adornos, etc., además de equipos e instalaciones eléctricas, mecánicas, hidrosanitarias, entre otros, a sufrir daño o pérdida, ocasionando la inhabilitación temporal o permanente de una edificación para la adecuada prestación de su servicio.

Los elementos no estructurales pueden llegar a convertirse en elementos potencialmente peligrosos cuando no están ligados o amarrados adecuadamente al resto de la edificación, introduciendo cambios en la estructuración y en los mecanismos de transmisión de las cargas, que pueden propiciar su falla

Vulnerabilidad funcional

(Cardona, 1989)

Se define como la susceptibilidad de la edificación para seguir prestando el servicio para el que fue construida. Este es un aspecto de máxima importancia en edificaciones cuya función es vital, como es el caso de las edificaciones indispensables (hospitales, clínicas, centros de salud, etc.). Aunque las edificaciones desarrollen un buen desempeño estructural frente a las sollicitaciones sísmicas, se puede presentar un colapso funcional que puede ser aún más grave que una falla en los elementos de la propia estructura.

2.2.4. PELIGROSIDAD SÍSMICA

La peligrosidad sísmica o amenaza natural es la probabilidad de que ocurra un fenómeno físico como consecuencia de un terremoto, como pueden ser el movimiento mismo del terreno, así como la licuefacción, los deslizamientos de tierra, inundaciones, ruptura de fallas, etc., a los que llamaremos efectos colaterales de un terremoto.

Los parámetros más significativos que influyen en el peligro sísmico son: ubicación del epicentro, dado por sus coordenadas y su profundidad focal. Con lo que queda señalada la ubicación del foco; el tamaño o magnitud del sismo; el mecanismo de generación y la direccionalidad de la propagación de la ruptura; las características del medio a través del cual viajan las ondas sísmicas; la distancia epicentral ; y las características locales del sitio de observación. (Kuroiwa,2002:108)

El peligro sísmico es una magnitud geofísica que da la probabilidad de ocurrencia de sismos en un área geográfica específica durante un intervalo de tiempo determinado e involucrando aceleraciones del suelo por encima de cierto valor dado. Da idea por tanto de la probabilidad de que se produzcan determinadas aceleraciones del suelo. Ya que a menudo se confunden los términos de peligro sísmico y riesgo sísmico, es necesario indicar que éste se refiere a la probabilidad de ocurrencia de pérdidas o daños ocasionados por sismos (involucra variables antrópicas). Mientras el peligro sísmico es más elevado en la costa de Alaska que en la costa de Argelia, el riesgo es mayor en la segunda debido a la mayor densidad de población. Las estimaciones de peligro sísmico, están frecuentemente basadas en análisis estadísticos de la historia sísmica del área de interés.

En esta situación una posible estimación de la peligrosidad sísmica puede obtener a partir del análisis de la historia sísmica del sitio, utilizando los datos macro sísmicos históricos de lo que se disponga, particularmente en regiones caracterizadas por largos periodos de retorno. No obstante esta información puede dar lugar a problemas de interpretación debido a los datos históricos son cualitativos y fueron obtenidos en épocas completamente diferentes, sin utilizar una escala macro sísmica común, debido a estos problemas, la caracterización de cada nivel de intensidad en un sitio tiene que ser calculado en términos probabilísticos, expresando el nivel de probabilidad asociado a cada grado de intensidad. (Loayza y Gómez, 2014)

2.2.5. RIESGO SÍSMICO

Son las consecuencias sociales y económicas potenciales provocadas por un sismo, como resultado de la falla de estructuras cuya capacidad resistente fue excedida por un terremoto, es decir es el grado de pérdidas esperadas de una estructura durante un lapso de tiempo, está definido en función de la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico.

$$PELIGRO + VULNERABILIDAD = RIESGO$$

El riesgo se incrementa con el factor de vulnerabilidad, considerando que el peligro es un fenómeno natural que no puede ser eliminado o reducido. Es por ello que los gobiernos y el sector privado de todo el mundo han desarrollado estudios de riesgo sísmico para reducir los daños provocados por los terremotos.

A razón de esto es que se han creado y elaborado planes para lo que es “*la mitigación del riesgo sísmico*” la cual se define como cualquier acción preventiva que se toma antes de la ocurrencia de un fenómeno natural destructivo intentando reducir sus consecuencias. ES decir todas las medidas tomadas para incrementar la resistencia y mejorar el comportamiento de los edificios y líneas vitales para la seguridad de las personas y para la reducción de las pérdidas económicas y su impacto social. (Sauter, 1996)

Las edificaciones tendrán probablemente las siguientes clases de daños ante la intensidad máxima probable del evento sísmico: Probablemente no sufrirán daños o sufrirán daños leves.

En los anteriores párrafos se indicó la relación tanto del peligro sísmico como de la vulnerabilidad sísmica de las estructuras para el cálculo del riesgo sísmico, evidentemente se puede observar, como se indicó, que la peligrosidad no se puede modificar ya que es un factor que depende de la naturaleza, sin embargo, si se puede decidir edificar las estructuras en zonas suficientemente alejadas a las fallas, rellenos, deslizamientos, avalanchas o de un alto potencial de licuefacción y, de ser necesario, se estudiaría la posibilidad de utilizar técnicas de mejoramiento de las condiciones del suelo, siempre buscando disminuir la posible amplificación de la acción del terremoto.

En cuanto a la vulnerabilidad sísmica de las estructuras descritas anteriormente, es un factor que se puede controlar el hombre, ya que corresponde a la calidad de las edificaciones, la cual se puede modificar utilizando algún método de refuerzo, cambio de uso de la edificación, entre otras acciones, en el caso de edificios nuevos, aplicando correctamente las normas sismorresistente y utilizando materiales de buena calidad. Para el caso de los edificios construidos se debe realizar un análisis y evaluación para decidir la factibilidad de su reforzamiento, readecuación, cambio de uso, mejoramiento o demolición futura si fuera necesario.

2.2.6. CENTRO HISTÓRICO

Es aquel asentamiento humano vivo, fuertemente condicionado por una estructura física proveniente del pasado, reconocido como representativo de la evolución de un pueblo. El Centro Histórico es la zona monumental más importante desde la cual se originó y desarrollo una ciudad. Las edificaciones en centros históricos y zonas urbanas monumentales pueden poseer valor monumental o de entorno. (Norma A.140, 2006)

2.2.6.1. Centro Histórico de Cajamarca

El Centro Histórico es aquel que hasta hace unos ochenta o cien años componía toda la ciudad de Cajamarca, es uno de los más importantes y representativos no solo del Perú sino del mundo, pues su arquitectura marca la primera manifestación del mestizaje y un sincretismo de estilos influenciados por las escuelas europeas y la mano de obra de los nativos cajamarquinos. Fue el mapa del obispo Baltazar Martínez Compañón que sirvió de base para delimitar la zona monumental, este gráfico incluye la colina Santa Apolonia (Rumitiana en tiempo de los incas), edificaciones barrocas como el templo de Santa Catalina (Catedral), Conventos de Belén, San Francisco y La Merced (hoy Mercado Central), La Recoleta, iglesias de indios como San José y Virgen del Arco (San Pedro), Plaza Mayor, Casa del Cabildo, entre otras construcciones, algunas de ellas existentes hasta hoy, y muchas otras desaparecidas o reconstruidas.

Figura 5: Cajamarca trazado por Martínez Compañón–siglo XVII



Fuente: Sub Gerencia de Gestión del Centro Histórico de Cajamarca, 2016.

Tabla 1: Bienes inmuebles Monumentales en el Centro Históricos de Centro de Cajamarca.

Bienes Monumentales de Arquitectura Pública						
Nº	DENOMINACIÓN	UBICACIÓN	DISPOSITIVO LEGAL	USO ACTUAL	ESTADO DE CONSERV.	MATERIAL PREDOMINANTE
1	Arco "13 de Julio de 1882" o Arco del Triunfo	Jr. Del Comercio y 13 de Julio	R.M.Nº 796-86-ED	O	R	P
2	Asilo de Ancianos (Local antiguo, Obispo Grozo)	Jr. Amalia Puga 151	R.S.Nº2900-72-ED	E	R	A
3	Cuarto del Rescate	Jr. Amalia Puga 750	L.Nº9441	O	M	P
4	Hospital de Hombres de Belén de Cajamarca	Jr. Belén 6ta. Cuadra	R.S.Nº2900-72-ED	O	B	P - A
5	Hospital de Mujeres de Belén de Cajamarca	Jr. Belén 5ta. Cuadra	R.S.Nº2900-72-ED	O	B	P
6	Iglesia y Convento de la Merced de Cajamarca (Mercado de Abastos)	Jr. Amazonas y Jr. Apurímac	R.M.Nº 543-86-ED	C	R	A
7	Municipalidad de Cajamarca	Jr. Cajamarca (Cruz de Piedra) 601 - 627, esq. Jr. Junín 1005 - 1039	R.S.Nº2900-72-ED	O	B	A
8	Pila de la Plaza de Armas de Cajamarca	Plaza de Armas	R.S.Nº2900-72-ED			
9	Teatro Municipal de Cajamarca	Teatro Municipal 590 - 596, esq. Jr. Junín 950	R.S.Nº2900-72-ED	O	R	A
10	Obispado de Cajamarca	Jr. Arequipa (del Batán) 109, esq. Amalia Puga 565 - 593	R.S.Nº2900-72-ED	R	B	A
11	Antigua Casa de Correos y Escuela Municipal	Jr. Atahualpa 633 - 639 - 643	R.M.Nº 543-86-ED	E	R	A
12	Antiguo Hotel La Estrella del Norte	Jr. Cajamarca (Cruz de Piedra) 635 - 639 - 643 - 647	R.M.Nº 543-86-ED	Dh	M	A
13	Antiguo Beaterio de la Merced (CESIG, Asoc. Educativa)	Jr. Dos de Mayo 601 - 611 - 615 esq. Jr. Amazonas	R.M.Nº 796-86-ED	E - C	R	A
14	Colegio Industrial de la Merced	Jr. Junín 570 - 578 esq. Jr. Pisagua 485	R.S.Nº2900-86-ED	E	R	A - L
15	Corte Superior de Justicia	Jr. Lima (del Comercio) 668 - 688 esq. Jr. Apurímac 673 - 689	R.S.Nº2900-72-ED	O	B	A
16	Centro Educativo Primaria Nº 83004	Jr. Antonio G. Urrelo 770 - 772 - 774 esq. Jr. Amalia Puga	R.M.Nº 796-86-ED	E	R	A

NOTAS:

1. Actualmente el nombre de algunas calles han cambiado de denominación.
2. Algunas direcciones y numeraciones no coinciden con los dispositivos legales que reconocen a los bienes inmuebles monumentales. La municipalidad no ha realizado las rectificaciones respectivas.
3. En algunos inmuebles, se ha estimado producto de la subdivisión varias propiedades, las que presentaban originalmente una unidad arquitectónica. El uso predominante en estos casos es el comercio y
4. Algunos inmuebles monumentales conservan únicamente la fachada o Portada de piedra, interiormente se ha construido sin respetar la arquitectura inicial o ha sido demolido el bien inmueble.

LEYENDA

USO ACTUAL

Dh: Deshabitado
 V: Vivienda
 E: Educación
 C: Comercio
 R: Religioso
 O: Otros

ESTADO DE CONSERVACION

B: Bueno
 R: Regular
 M: Malo

MATERIAL PREDOMINANTE

A: Adobe
 L: Ladrillo
 Q: Quincha
 T: Tapial
 P: Piedra

Fuente: Adaptado del Instituto Nacional de cultura e INDECI, 2005.

2.2.7. EL ADOBE

Se define como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. (Norma E.080, 2014).

El adobe es un bloque macizo de barro, obtenido de la mezcla maleable de tierra arcillosa, arena, gravas de diferentes tamaños y fibras vegetales como la paja en una proporción aproximada de arcilla/limo 1, arena 55-64% y paja 1%, que se proyecta en un molde sin fondo, bien sea metálico o de madera y previamente impregnado en aceite o sumergido en agua, y se prensa con unos golpes, después se levanta ligeramente el molde dejando a secar el adobe propiamente dicho sobre una superficie llana. (Yuste , 2012).

Las definiciones antes mencionadas corresponden a un adobe elaborado tradicionalmente, sin embargo en la actualidad se han registrado avances muy importantes para mejorar su calidad, con la incorporación de otros materiales y mejorando su técnica de elaboración, creando así adobes con una mayor calidad y mejor condición de estabilidad tales como los denominados adobes estabilizados, también mejorando y aumentando su capacidad y su resistencia mecánica con los adobes compactados.

En el Perú, a pesar de estos avances y variaciones en la elaboración del adobe, no existe una gran propagación de esta información, sobre todo en las ciudades alejadas de nuestro país, donde la unidad principal de sus edificaciones es el adobe y donde se ha construido y se sigue construyendo con este material, con las virtudes y defectos tradicionales y, ciertamente, con ausencia de ingeniería.

2.2.8. EDIFICACIONES DE ADOBE EN EL PERÚ

(Tejada, 2001:23 -24)

La construcción con tierra es muy antigua en la humanidad. Existen evidencias prehistóricas de la existencia de adobes hechos a mano que datan del octavo milenio antes de cristo, como la encontrada en la ciudad de Jericó, en el medio oriente. En el Perú también adobes semejantes, en particular de forma cónica, en Huaca Prieta, en el valle de Chicama y en Sechín Alto, en el valle de Casma. Se estima que en el tercer milenio apareció el molde de madera para hacer adobes, simultáneamente en las localidades de Eridu en Sumeria y en el Valle de Chicama en Perú.

La aparición de moldes posibilitó el uso a gran escala y la generación de muchas obras monumentales, en la mayoría de casos de carácter religioso. En Sumeria aparecieron edificaciones de tipo torres escalonadas, tronco piramidal, denominadas zigurat, templos que semejaban colinas artificiales. En Egipto, la arquitectura funeraria y religiosa de las dos primeras dinastías del antiguo imperio, fue realizada casi exclusivamente con adobe, utilizándose muros reforzados con contrafuertes.

En América existen muchos restos que evidencian el uso antiquísimo del adobe y tapial, por ejemplo en la costa peruana se puede encontrar edificaciones que fueron realizadas entre los años 5000 y 100 A.C., como la ciudad de Chanchán, las pirámides del Sol y la Luna, en Trujillo; o la Fortaleza de Paramonga, el santuario de Pachacamac, la ciudad de Cajamarquilla, en Lima, los restos del valle de Huarco en cañete y en Tambo de Mora en Chincha.

A pesar de la poca evidencia de los restos arqueológicos en la sierra peruana, pues fue más difundido el uso de piedra. Existe una excepción notable como el caso de San Pedro de Reachí, cerca del Cusco, el cual evidencia la combinación de piedra y adobe. Sin embargo, tanto en la costa como en la sierra existen muchas edificaciones en adobe y tapia que fueron realizadas en el período colonial, época en el cual se difundió más el empleo del adobe en las edificaciones. En este periodo existió una fuerte preocupación por la sismicidad existente, lo que trajo consigo el empleo de muros muy anchos, de 1.3 a 1.5 metros de espesor; la esbeltez de los muros guardaba una relación altura – espesor de seis. El mismo temor a los sismos y a las experiencias acumuladas condujo también al empleo de la quincha en techos y paredes, elaborada con madera y caña, y recubierta con barro o cal y arena con barro.

Se implantó entonces en el siglo XVIII en las edificaciones una combinación de adobe y quincha, sobre todo en la costa donde las lluvias son muy escasas, en las cuales el adobe se usa en las primeras plantas y al quincha en las segundas. Todavía pueden verse edificaciones de este tipo en Lima, en especial en su Centro Histórico y en sectores antiguos de la ciudad; también en varias ciudades costeñas.

En la sierra el desarrollo de la tecnología del adobe fue distinto, dada la importancia de la presencia de lluvias y la menor incidencia sísmica. Las edificaciones usan mucha mayor porción del adobe en los robustos muros de la época y se emplea estructuras de madera para los techos.

En la Época Republicana los modos de construir adobe continuaron siendo utilizados y fueron adaptándose a los nuevos estilos arquitectónicos que entraban en boga. Recién en la tercera década del siglo XX, se inicia en Lima y luego en las ciudades de provincias, la introducción de los sistemas constructivos modernos en base al uso del concreto.

Como se indica la construcción de adobe es muy antigua en el Perú, los restos arqueológicos así lo demuestran, de modo que es claro que los conocimientos constructivos acumulados fueron muy significativos. Sin embargo con el transcurso del tiempo éstos se han venido perdiendo paulatinamente, como ocurre también con otros elementos de la cultura popular peruana.

Se sabe que los sismos y el agua constituyen, sin lugar a dudas, los principales factores de riesgo para las edificaciones de adobe, por lo que las mejoras técnicas propuestas para su construcción, se orientan principalmente a incrementar su resistencia frente a sismos y mejorar su comportamiento frente a la presencia de agua. Sin embargo esas mejoras pueden implicar, aunque en

poca medida, el empleo de materiales industriales, que suelen ser costos para los usuarios; ello es una razón por la cual las mejoras no son aceptadas de inmediato como sería deseable.

Como se señaló antes, el reconocimiento de las debilidades del adobe, a la vez, de lo difundido de su uso entre la población del país, fueron los factores más importantes para acometer trabajos de investigación que mejoran esta tecnología tradicional. Por lo que se cuenta con abundante información técnica producida por distintos centros de investigación, la que no obstante está dispersa, lo que dificulta su utilización y su aplicación en la construcción de edificaciones de este tipo material tanto tratándose de profesionales como de usuarios, generalmente autoconstructores.

2.2.8.1. Características propias del Adobe

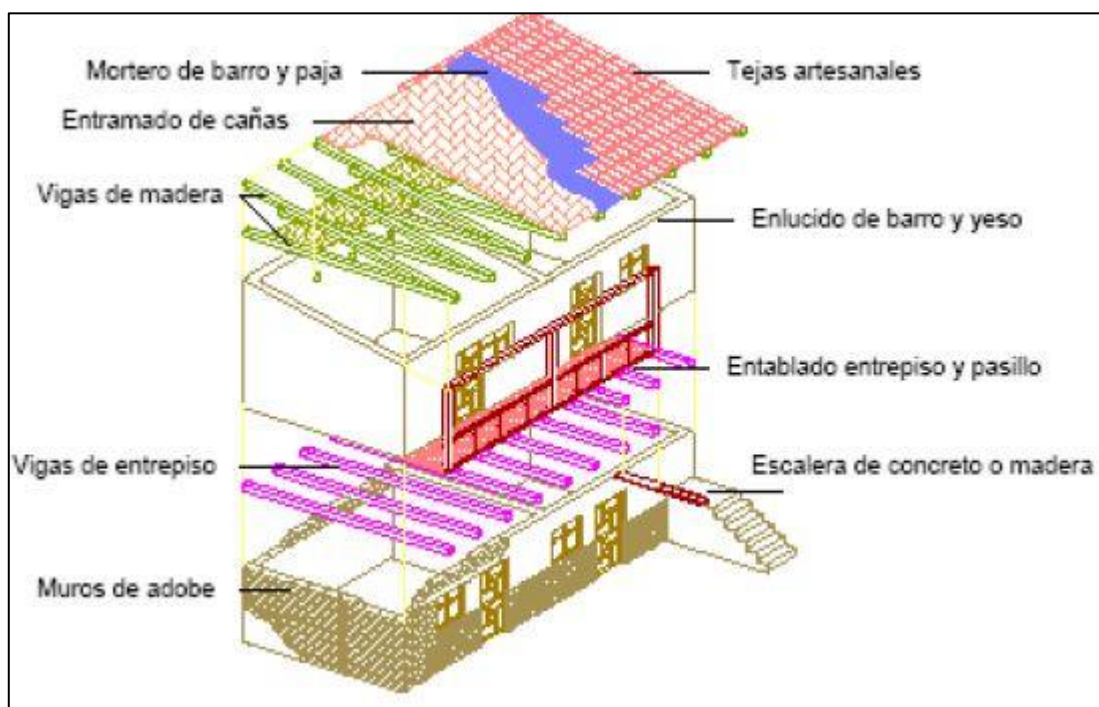
(Tejada, 2001:16)

Una de las características de construir con adobe es su bajo costo, ya que la materia prima principal, la tierra, es generalmente obtenida localmente en canteras cercanas a la obra; ya que los materiales no locales que se requiere son relativamente poco y su costo no incide mucho en el monto total de una obra. Por otro lado elaborar adobes y construir con ellos requiere sólo el empleo de energía humana y de la solar. El bajo costo es pues una razón determinante para su profusa utilización por los pobres del país y el uso de materiales disponibles localmente confiere a las construcciones de adobe adecuadas características ecológicas y ambientales.

Otra particularidad del adobe es su inercia térmica, que se caracteriza por su lentitud para calentarse y enfriarse, por lo que las viviendas de adobe resultan abrigadas durante la noche debido a que en ese periodo los muros van restituyendo por radiación el calor acumulado durante el día; inversamente permanecen frescas durante el día, periodo por el cual los muros almacenan calor. Esta característica reduce la necesidad de consumir energía para calentar o enfriar los ambientes y, adecuadamente utilizada, hace posible diseñar ambientes confortables y saludables.

Además las construcciones antiguas típicas se tienen muros de adobe de 0.40 y 0.25 m de espesor, altura de 4 a 4.5 m, puertas de 1.00 m de ancho x 2.10 m de altura. Ventanas de ancho variable cuyo borde superior está también a 2.10 m y techos con viguetas de madera, cobertura de caña y torta de barro y paja. La cimentación es de concreto ciclópeo pobre de 0.50 de ancho y 0.80 a 1.00 m de profundidad. (Kuroiwa , 2002, pág. 129)

Figura 6: Estructura de una edificación de adobe de dos pisos.



Fuente: Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú. (Gutiérrez Aliaga & Manco Rivera, 2006).

A pesar de los beneficios y características que brindan las construcciones de adobe, Estas edificaciones son las que presentan mayor daño frente a fenómenos sísmicos, esto se evidencio en el terremoto del 31 de mayo de 1970 donde más del 90 por ciento de los edificios dañados eran de adobe y su colapso causo más de 40000 muertes. Sin embargo, algunas construcciones de adobe resistieron sorprendentemente, los embates del sismo, donde el daño fue mínimo y muchas de las construcciones de adobe sobrevivieron y están habitadas. (Kuroiwa et al. 1973)

Por lo que debe aceptarse entonces, que existen ciertas condiciones bajo las cuales este tipo de construcción puede ofrecer un comportamiento “satisfactorio” ante los sismos severos. Lo que incentiva a seguir con los esfuerzos de investigación y mejora de estas edificaciones.

2.2.9. COMPORTAMIENTO SÍSMICO DE LAS EDIFICACIONES DE ADOBE

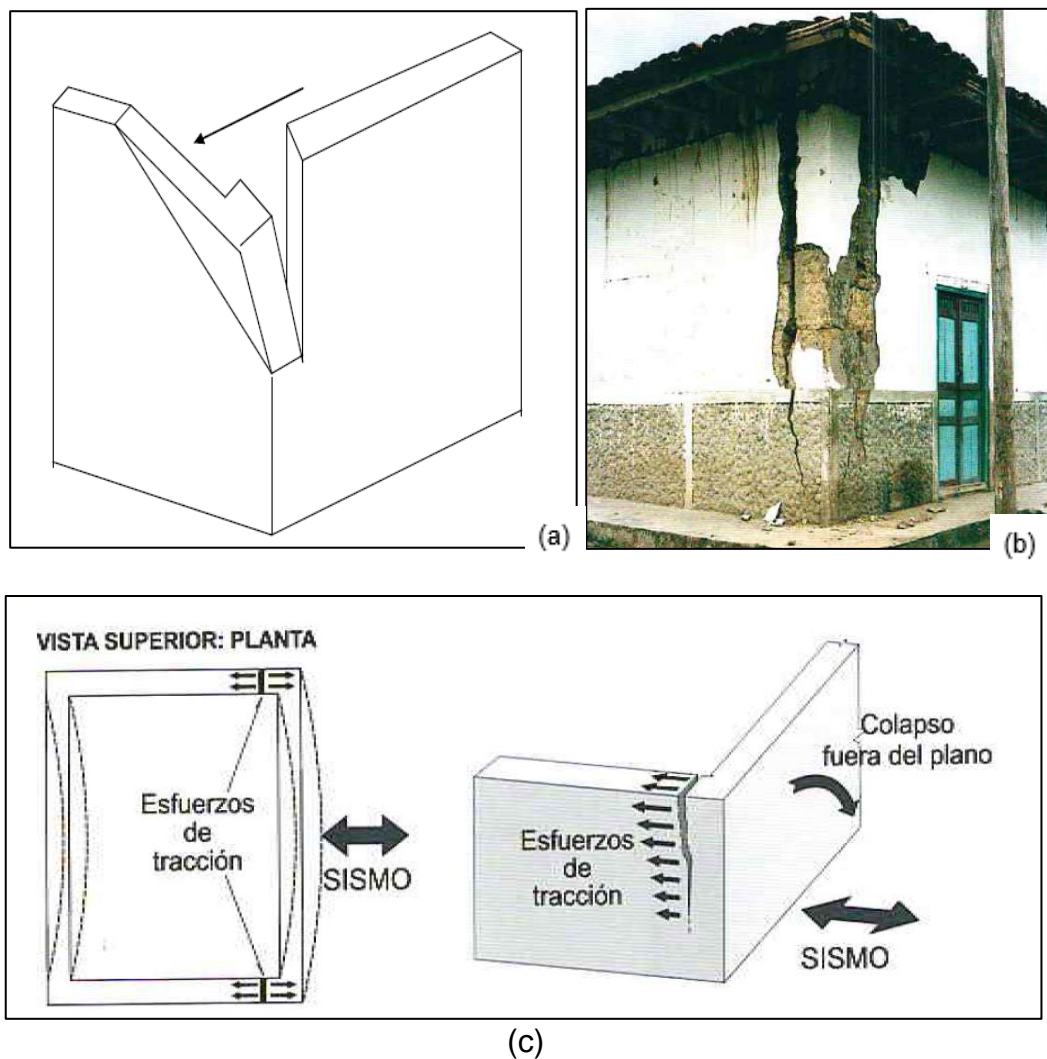
Durante las vibraciones sísmicas horizontales, si el suelo se mueve en una dirección, las fuerzas de inercia que se generaran en los muros de una edificación serán en sentido contrario, esto provoca fallas en las construcciones de adobe que debido a su poca resistencia en tracción y reducida adherencia entre el adobe y mortero. Los principales tipos de fallas que se presentan en edificaciones de adobe son por flexión, por tracción y fallas por corte.

2.2.9.1. Fallas por tracción en los encuentros de muros.

Este tipo de fallas se debe principalmente a esfuerzos de tracción directa que se produce en uno de los muros al dar arriostre lateral a otros muros del encuentro, ver figura (7.a), esta situación se agrava cuando a este se superpone los esfuerzos de flexión.

Estas grietas se presentan en la parte superior de las esquinas (encuentro de muros) y se propagan hacia abajo, en la figura (7.b) se observa las fallas en las esquinas causadas por fuerzas de inercia perpendiculares a los muros, esto debilita la unión entre muros generando luego una tendencia de volteo del muro o colapso fuera de su plano como se observa en la figura (7.c).

Figura 7: (a) Falla típica en tracción, (b) Grietas en parte superior de las esquinas de una edificación de adobe, (c) Colapso de muro perpendicular a los esfuerzos de tracción generados por un sismo.

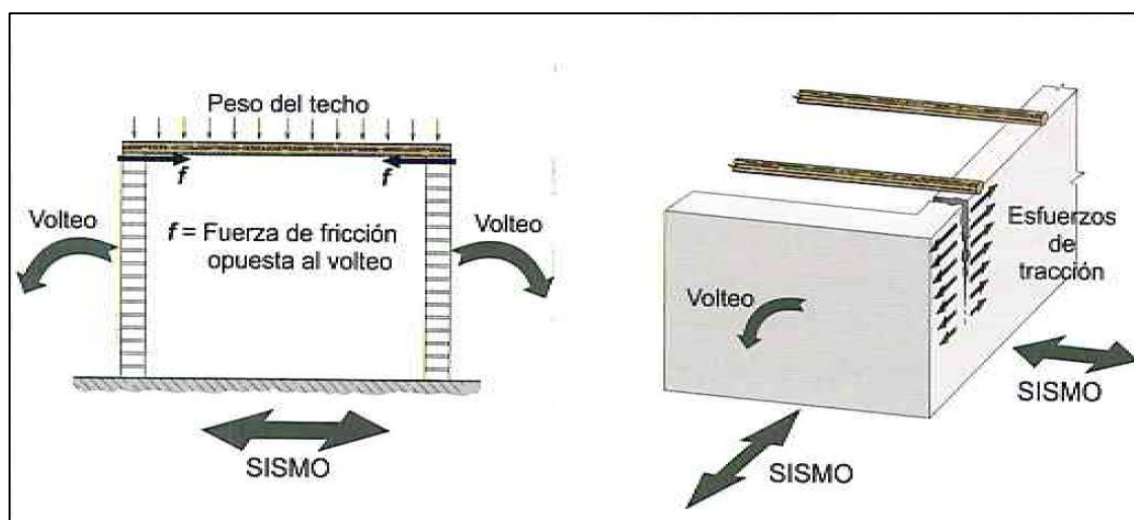


Fuente: (a) Diseño Sísmico de Construcciones de Adobe - Investigación Experimental de Construcciones de Adobe y Bloque Estabilizado (Morales Morales, Yamashiro Kamimoto, & Sanchez Olano)

(b) y (c) Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes (Kuroiwa Horiuchi, 2008)

En este tipo de falla los muros no portantes son los más vulnerables, al no contar con el arrioste que aportan las vigas del techo, las cuales sirven de arrioste lateral, mientras no se exceda la fuerza de fricción.

Figura 8: Falla en muros no portantes.



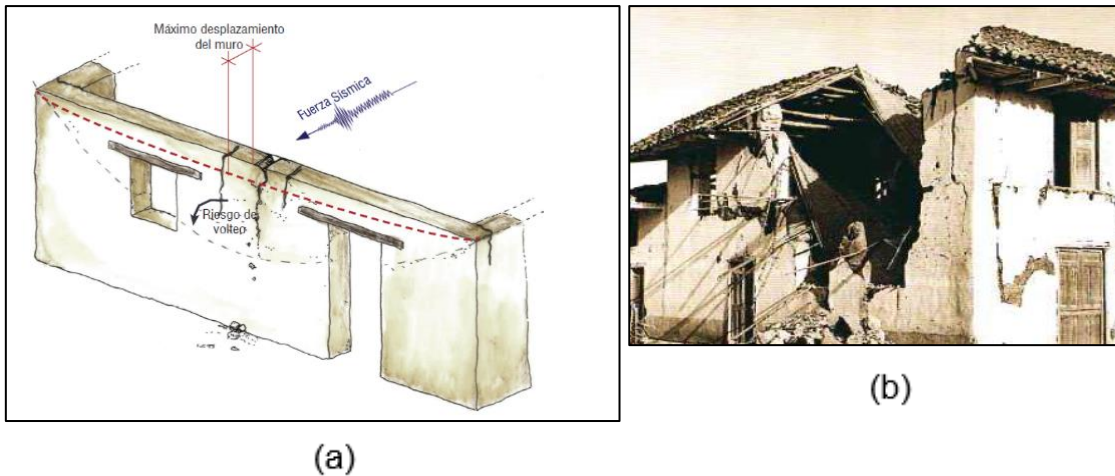
Fuente: Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes 2008. (Kuroiwa Horiuchi, 2008)

2.2.9.2. Fallas Por Flexión

En general las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debido a sismos, son frágiles. Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce la falla del amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior, esto a su vez aísla muros unos de otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano. (Norma E.0.80, 2014)

Existen variantes en las fallas por flexión y estas generalmente dependen de la esbeltez del muro, por ejemplo se pueden presentar grietas verticales en el centro superior de los muros largos, de gran esbeltez horizontal, ver figura (8.a), desplomándose y formando una gran muesca de trayectoria curva en la parte central, debido a la gran separación de muros, este tipo de falla por flexión tiene forma de U, ver figura (8.b).

Figura 9: (a) Falla típica por Flexión en muros con esbeltez Horizontal, (b) Colapso en forma de U en muros largos por falla a flexión, Áncash 1970.



Fuente: (a) Fichas para la Reparación de Viviendas de Adobe. (Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento, 2014).

(b) Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes (Kuroiwa Horiuchi, 2008).

Otra variante se presenta en los muros con mucha altura y poco espesor (esbeltez vertical) y cuando los sismos actúan en dirección perpendicular este se separa de los muros transversales, debido al agrietamiento en las esquinas, y corre peligro de quebrarse o voltearse hacia afuera, girando alrededor de una grieta horizontal, puede tender a voltearse casi desde su base, o a la mitad de su altura.

Figura 10: (a) Falla típica por Flexión en muros con esbeltez vertical. (b) Falla horizontal por flexión en vivienda de adobe, Ica 2007).

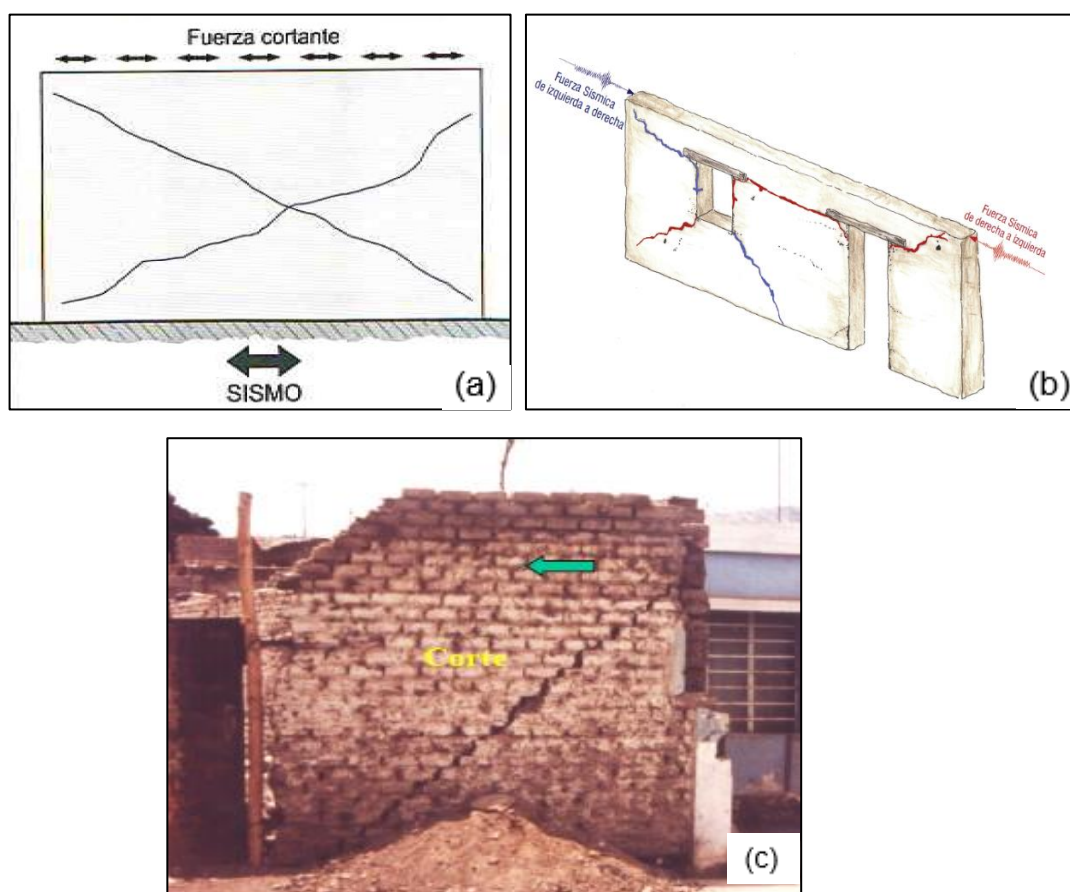


Fuente: Fichas para la Reparación de Viviendas de Adobe. (Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento, 2014)

2.2.9.3. Falla Por Corte

Si se controla la falla de las esquinas (falla por tracción y flexión) ya sea porque los muros son gruesos o porque existe un amarre al nivel superior de los muros, se producen otro tipo de fallas, en este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal en forma de X y se produce cuando el muro trabaja como muro de corte, esto se debe principalmente a los esfuerzos tangenciales en las juntas horizontales a causa de fuerzas cortantes en el plano del muro, ver figura (10.a). Es común que estas grietas en X se presenten donde hay aberturas de ventana o puertas como se observa en la figura (10.b).

Figura 11: (a) Grietas en X debido a fuerzas cortantes (b) Falla por corte generado en vanos. (c) Falla por corte en muro de adobe, Ica 2007.



Fuente: (a) Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes (Kuroiwa Horiuchi, ATP Programa de Reconstrucción /Ciudades Sostenibles, 2008)

(b) Fichas para la Reparación de Viviendas de Adobe. (Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento, 2014)

(c) Estado del Arte en el Reforzamiento de las Viviendas de Adobe (San Bartolomé Ramos).

2.2.10. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS QUE CONTRIBUYEN A LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICACIONES DE ADOBE.

Existen características y fallas comunes en edificaciones de adobe que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica. Frecuentemente la edad de la edificación y el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales hacen que en caso de un sismo su capacidad de soportarlo sea mínimo.

A continuación se presentan los principales problemas que afectan a las edificaciones de adobe en el centro histórico de Cajamarca

Distribución de muros

Las edificaciones de adobe deben respetar y considerar las dimensiones establecidas por la norma. Deberá considerarse la estabilidad de todos los muros. Esto se conseguirá controlando la esbeltez y utilizando arriostres o refuerzos.

En Cajamarca encontramos gran cantidad de edificaciones de adobe de 2 niveles con muros muy altos y sin refuerzo alguno, estas características perjudican la verticalidad de los muros, tal es el caso de la edificación de adobe ubicada entre el Jr. Pisagua y Jr. Junín correspondiente a la figura (12.a), En la Edificación de la derecha (figura 12.b), se aprecia muros altos con gran deterioro en su base, esto debido a la falta de protección contra húmeda y lluvia, principal factor de desgaste de muros en edificaciones de adobe.

Figura 12: (a), (b) Muros esbeltos en edificaciones de adobe en el centro histórico Cajamarca.

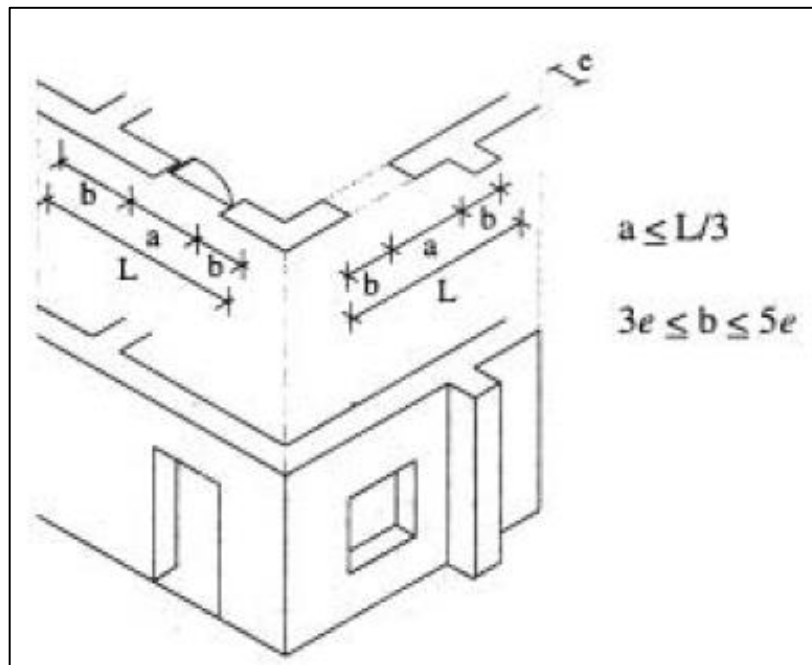


Fuente: Elaboración propia

El ancho máximo de puertas y ventanas (vanos) será de 1/3 de la longitud del muro y la distancia entre el borde libre al arriostre vertical más próximo no será menor de 3 ni mayor de 5 veces el espesor del muro. Se exceptúa la condición de 3 veces el espesor del muro en el caso que el muro esté arriostado al extremo (Figura 13).

Cajamarca presenta edificaciones con espesor de muros de 0.50 a 0.80, tal es el caso de las edificaciones analizadas en esta investigación, con un espesor promedio de 0.75 m.

Figura 13: Relación de vanos y muros en una edificación de adobe



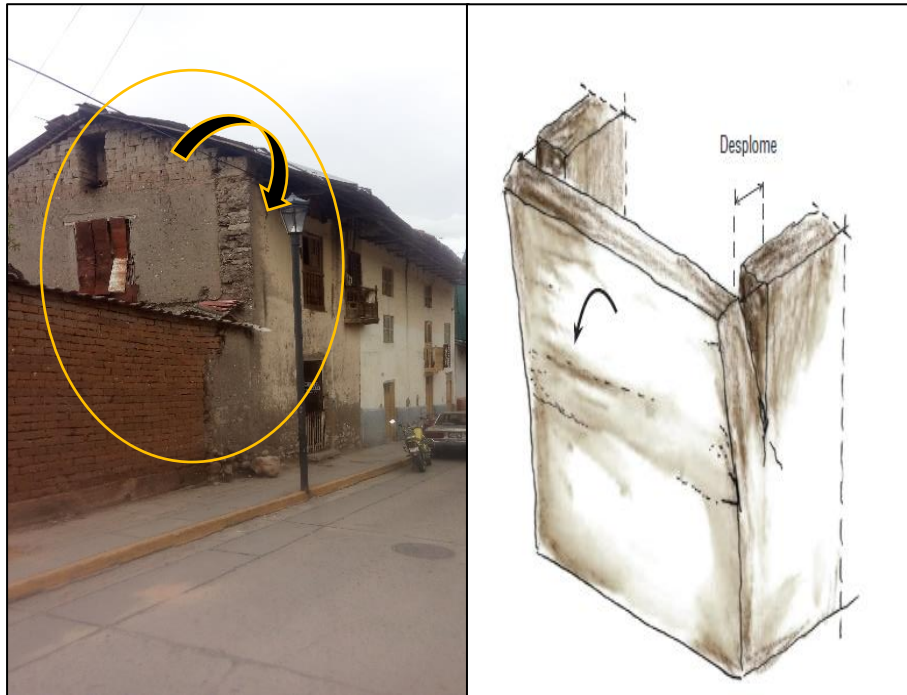
Fuente: Norma E. 080 Adobe. (Reglamento Nacional De Edificaciones, 2014).

Pérdida de verticalidad de los muros

La falta de verticalidad de los muros de una edificación genera mayores solicitaciones en los elementos estructurales y un mal comportamiento en un caso de un evento sísmico. Adicionalmente se pueden presentar fallas locales e inestabilidad de algunos elementos debido a la mala transferencia de las cargas horizontales y verticales. Esto generalmente se debe a asentamientos por falta de cimientos o como consecuencia de un movimiento sísmico reciente.

En la figura 14 se observa el giro (falta de verticalidad) de una edificación de adobe ubicada en el Jr. Pisagua Cdra. 4., tanto del muro frontal como lateral, esto se da a partir de las grietas formadas en la esquina superior.

Figura 14: *Perdida de verticalidad de muros debido a un inadecuado sistema de conexión entre muros en viviendas cajamarquinas.*



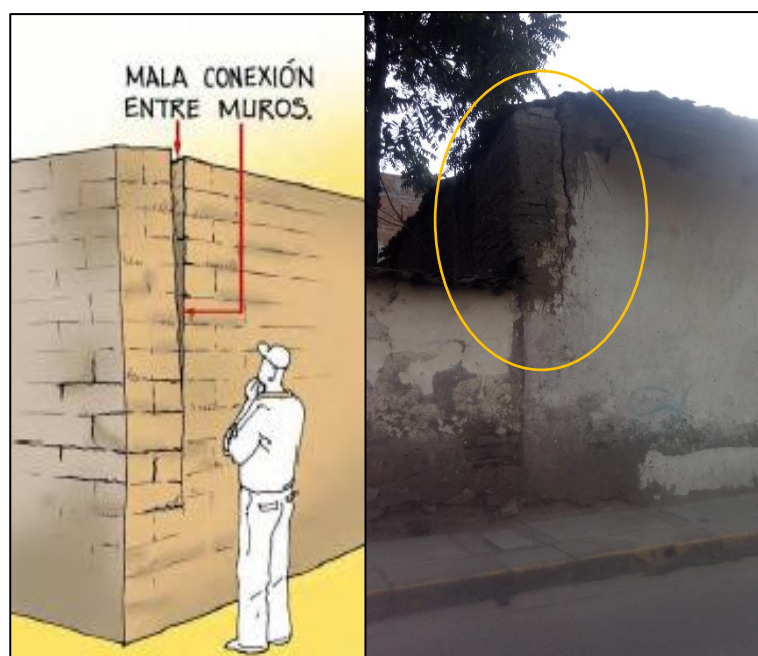
Fuente: Elaboración propia

Conexión entre muros

La falta de una adecuada conexión entre muros, bien sea en el trabe de los muros de adobe, disminuye la restricción lateral de los muros, induciendo una alta inestabilidad de los elementos verticales ante cargas perpendiculares a su plano, lo que aumenta la probabilidad de desplome del muro ante los movimientos del suelo ocasionados por un sismo.

En la Figura 15 podemos observar una vivienda en Cajamarca ubicada entre las intersecciones Jr. Silva Santisteban y Jr. Soledad. Donde se ha generado una grieta debido a una inadecuada conexión entre muros, aumentando el riesgo de volteo tanto en el muro lateral como frontal.

Figura 15: Inadecuada conexión entre muros de adobe en viviendas de Cajamarca.



Fuente: Elaboración propia

Entrepisos y ausencia de diafragmas

La ausencia de un entrepiso que cumpla la función de comportarse como un diafragma rígido en su propio plano hace que la distribución de las cargas laterales inducidas por el sismo sea usualmente muy perjudicial, facilitando la acción de fuerzas perpendiculares excesivas contra los muros generando las conocidas fallas por flexión.

Figura 16: (a) Entrepisos en edificaciones de adobe. (b) Fallas en entrepiso vivienda de adobe, Ica 2007.



Fuente: Seminario de la Normatividad para el Diseño y Construcción de Edificaciones Seguras Ica. Perú. (Kuroiwa Horiuchi, 2012)

En la edificación ubicada entre Jr. Junín y Jr. 5 esquinas (Figura 17) se observa el uso de materiales de diferentes épocas de un nivel hacia el otro, se puede notar algunas grietas en la fachada y al nivel del entrepiso. Estas características y la falta de un sistema de protección contra la humedad en la base de sus muros, aumentará el deterioro de la edificación.

Figura 17: Fallas en entrepiso en las edificaciones de adobe.



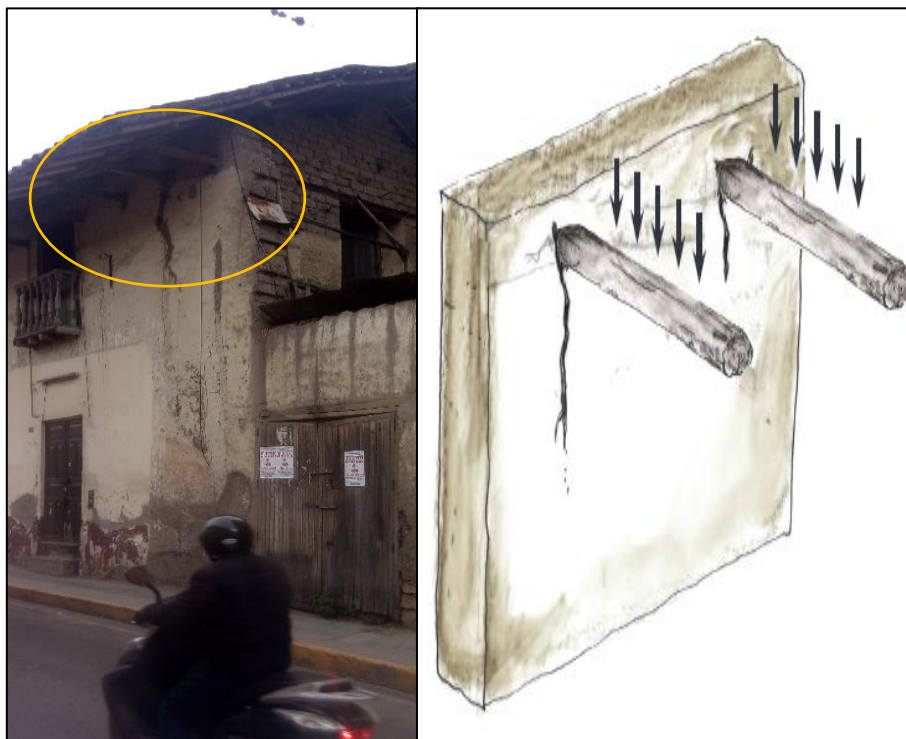
Fuente: Elaboración propia

Anclaje y Apoyo de elementos de entrepiso y cubiertas sobre muros

Como se mencionó anteriormente la falta de una longitud de apoyo adecuada entre elementos principales de entrepisos (cubiertas, apoyo de vigas de entrepisos, balcones, etc.) generan riesgo de volteo o colapso del muro, facilitando la pérdida de la estabilidad de la estructura debido a los desplazamientos inducidos en los muros portantes, además se pueden generar grietas causadas por la concentración de esfuerzos, producidas por el funcionamiento y sobrecarga en las vigas, transmitida directamente hacia los muros que reciben estas cargas.

Las edificaciones de adobe en Cajamarca, tal como se muestra en la figura 18, (edificación ubicada en Jr. Junín Cdra. 13), no cuenta con un sistema de unión entre elementos de entrepiso y muros (viga collar), por ello es que se genera grietas debido a la concentración de esfuerzos en las uniones directas entre vigas y muros ocasionando las conocidas fallas por punzonamiento, debilitando así su capacidad estructural.

Figura 18: Fallas por punzonamiento en edificaciones de adobe en Cajamarca.



Fuente: Elaboración propia

Uso de materiales incompatibles

El uso de materiales diferentes al adobe, con dureza o rigidez perjudican de alguna manera la estabilidad y resistencia de los muros de adobe durante un movimiento sísmico.

La Figura 19 corresponde a una vivienda de adobe ubicada en el Jr. Pisagua Cdra. 3, donde podemos observar que se ha habilitado un nivel con muros de ladrillo sobre una edificación de adobe de 2 pisos, este tipo trabajos perjudican considerablemente a la edificación, ya que ambos elementos no trabajan adecuadamente y menos sin un buen sistema de conexión entre estos materiales, además se está agregando sobre cargas a las estructuras de la edificación.

Figura 19: Falta de criterio técnico en la combinación de materiales de construcción.



Fuente: Elaboración propia

Entrepisos muy flexibles o luces muy largas

Otras características importantes que debilitan las estructuras de una edificación de adobe son las que presentan un sistema de entrepiso muy flexible o con luces muy largas generando deflexiones verticales importantes las cuales pueden generar daños en los elementos estructurales y no estructurales. Adicionalmente se pueden presentar sobreesfuerzos en los elementos que conforman el sistema de entrepiso la cual puede inducir colapso parcial o total en la estructura.

Figura 20: Deformación de entrepiso en viviendas de adobe

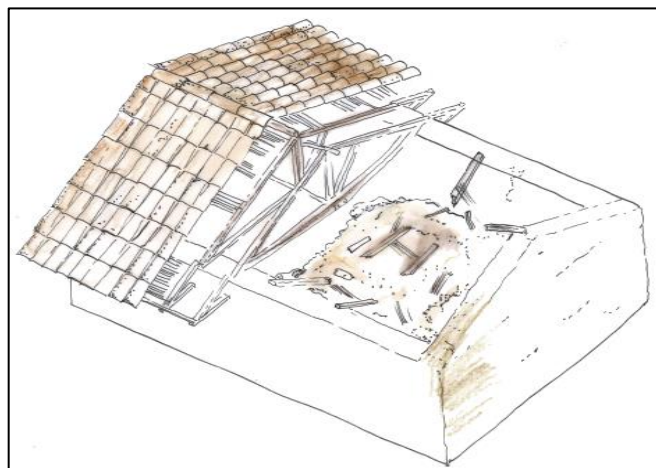


Fuente: Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe (AIS, 2005)

Estructuración de cubierta

Las estructuras que presentan una inadecuada estructuración de la cubierta generan deflexiones y sobreesfuerzos en los elementos que la componen. En el caso de presentarse un sismo esto puede inducir el colapso de la cubierta y daños importantes en los muros cargueros por las sollicitaciones horizontales generadas por las fuerzas laterales. Cabe resaltar que las edificaciones con cubiertas pesadas y mal estructuradas son muy susceptibles a colapsar cuando se presenta un sismo.

Figura 21: Derrumbe parcial de la cubierta, este derrumbe puede ser con colapso o sin colapso de muros.



Fuente: Fichas para la Reparación de Viviendas de Adobe. (Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento, 2014)

En Cajamarca la mayoría de edificaciones antiguas de adobe presentan coberturas pesadas elaboradas de teja, colocadas sobre tijerales o vigas de madera, y que debido a la antigüedad de estas estructuras y al deterioro que han sufrido a lo largo de sus años de servicio corren el riesgo de colapsar sobre la edificación, perjudicando a sus ocupantes. En la figura 22, observamos una edificación Cajamarquina con estas características, ubicadas entre el Jr. Tarapacá y Jr. Junín. Se puede visualizar el deterioro de la cubierta en la parte lateral, este tipo de problemas sin un mantenimiento adecuado generara goteras en la edificación, humedeciendo los muros de adobe, debilitando su capacidad estructural y aumentando el deterioro de la edificación de adobe.

Figura 22: Cobertura de teja en malas condiciones.



Fuente: Elaboración propia.

Las Características mencionadas anteriormente (acápite 2.2.10) disminuyen la capacidad estructural de las edificaciones de adobe, algunas en mayor medida que otras. Por lo que sin un adecuado mantenimiento, el deterioro de estas edificaciones seria inmensa, perjudicando los elementos estructurales considerablemente y aumentando la vulnerabilidad de las edificaciones de adobe.

En la Ciudad de Cajamarca tenemos varios casos donde la falta de mantenimiento ha perjudicado considerablemente las edificaciones monumentales de adobe, aumentando significativamente su coste de reparación y rehabilitación, tal es el caso del Museo de la Universidad Nacional de Cajamarca ubicado entre las calles Jr. José Sabogal y Jr. Del Batán (Figura 23), otros casos y más graves tenemos edificaciones inhabitables debido a la falta de mantenimiento, problemas estructurales, falta de protección contra la humedad y al posible colapso que presentaría gran parte de su estructura, tal y como se aprecia en la figura 24, edificación ubicada en el Jr. José Gálvez Cdra. 9.

Figura 23: Museo de la Universidad Nacional de Cajamarca en un pésimo estado de conservación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24: Inminente colapso de una edificación de adobe en el centro Histórico de Cajamarca.



Fuente: Elaboración propia.

Debido al comportamiento sísmico y a las características que presentan las edificaciones de adobe el ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento a través del Reglamento Nacional de Edificaciones Norma E.0.80 plantea y especifica que las construcciones de adobe deberán cumplir con las siguientes características generales de configuración:

- a) Suficiente longitud de muros en cada dirección, de ser posible todos portantes.
- b) Tener una planta que tienda a ser simétrica, preferentemente cuadrada.
- c) Los vanos deben ser pequeños y de preferencia centrados.
- d) Dependiendo de la esbeltez de los muros, se definirá un sistema de refuerzo que asegure el amarre de las esquinas y encuentros.

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Adobe. - Bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. (Norma E.080, 2017)

Colapso. – Derrumbe súbito estructural de muros o techos que puedan segar la vida a los ocupantes de una construcción. Puede ser un derrumbe parcial o total. (Norma E.080, 2017)

Densidad de muros. - Cociente entre la suma de áreas transversales de los muros paralelos a cada eje principal de la planta de la construcción y el área total techada. (Norma E.080, 2017)

Distancia Epicentral. - Define a la distancia existente entre un observador y el epicentro de un sismo, medida sobre la superficie de la tierra. Al momento de georeferenciar el epicentro de un sismo se toma como referencia la plaza principal de la ciudad y/o localidad y su ubicación con respecto al norte geográfico. (Instituto Geofísico del Perú, 2016)

Entrepiso. – Es el conjunto de elementos que separa un piso de otro en una edificación. (Norma E.080, 2017)

Epicentro. - Se define como Epicentro al punto exacto en la superficie que representa la proyección del hipocentro o foco sísmico. (Instituto Geofísico Del Perú, 2016)

Esbeltez. - Relación entre la altura libre del muro y su espesor. (Norma E.080, 2014)

Esfuerzos Cortantes. – Son esfuerzos internos producidos por fuerzas que actúan paralelamente al plano que las resiste. También llamadas esfuerzos tangenciales. (Pytel y Singer, 1994)

Flexión. – Combinación de esfuerzos de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza están sometida a un esfuerzo de flexión (se alargan), las inferiores se acortan, o viceversa, produciendo una deformación en un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

Fisura o grieta estructural.- Rajadura que se presenta en los muros de tierra producidas por cargas mayores a las que puede resistir el material, por gravedad, por terremotos, accidentes u otros. Atraviesan los muros de lado a lado y pueden ser de espesores variables o invisibles al ojo humano. No son fisuras o grietas superficiales (las cuales se ubican en el enlucido). (Norma E.080, 2017)

Hipocentro. – Lugar donde se originan las ondas vibratorias como efecto de los movimientos sísmicos, Es sinónimo de foco sísmico. (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006)

Mitigación. – Reducción de los efectos de un desastre, principalmente disminuyendo la vulnerabilidad. Todas las medidas que se toman para reducir las pérdidas de vidas humanas, de bienes materiales y de producción causadas por desastres naturales o tecnológicos. (Instituto Nacional De Defensa Civil, 2006)

Muro Portante. - Muro diseñado y construido en forma tal que pueda transmitir cargas horizontales y verticales de un nivel a un nivel inferior o a la cimentación. (Norma E.070, 2014)

Peligro. - Probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente dañino, para un período específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología. (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006)

Prevención. – Medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye medidas de ingeniería, legislación sobre el uso de la tierra y del agua, ordenamiento urbano y construcción de edificaciones. (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006)

Riesgo. - Estimación o evaluación matemática de pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y economía, para un período específico y área conocidos, de un evento específico de emergencia. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad. (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006)

Tracción. – Esfuerzo al que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

Vulnerabilidad. - Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otro. (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2006)

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Esta investigación se aplicó a las instituciones educativas de adobe Juan Clemente Vergel ex 91 y El colegio estatal Nuestra Señora de La Merced, ubicada geográficamente como se indica a continuación.

- **Juan Clemente Vergel**, ubicado en el departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, distrito de Cajamarca, está localizado exactamente entre las calles Jr. Guillermo Urrelo y Jr. Amalia puga, en el centro histórico de la ciudad, a pocas cuadras de la plaza de armas de la misma.

A continuación, se detalla las coordenadas y altitud de los lugares en mención.

Coordenada Norte : 9207926 S

Coordenada Este : 774382 E

Altitud : 2730 m.s.n.m.

Figura 25: Ubicación geográfica de la Institución Educativa Juan Clemente Vergel, Ex 91.



Fuente: Elaboración propia.

- **El colegio estatal Nuestra Señora de La Merced**, ubicado geográficamente en el departamento de Cajamarca, Provincia de Cajamarca, distrito de Cajamarca, está localizado exactamente entre las calles Jr. Junín y Jr. Pisagua dentro del centro histórico de Cajamarca, a pocas cuadras de la plaza de armas de la ciudad.

A continuación, se detalla las coordenadas y altitud de los lugares en mención.

Coordenada Norte : 9208232 S

Coordenada Este : 773753 E

Altitud : 2752 m.s.n.m.

Figura 26: Ubicación geográfica del Colegio estatal Nuestra Señora de La Merced.



Fuente: Elaboración propia.

3.2. TIEMPO EN EL CUAL SE REALIZÓ LA INVESTIGACIÓN

La elaboración de esta investigación tuvo lugar entre los meses de setiembre del 2016 y enero del 2018.

3.3. RECURSOS, MATERIALES E INSTRUMENTOS UTILIZADOS EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

➤ Recursos Humanos

- Tesista: Bach. Ing. Gómez Ramírez Luis Antonio: A modo de observación realizó la evaluación de las características y la descripción del estado actual de las edificaciones así mismo realizó los levantamientos topográficos y análisis de la investigación.
- Asesor Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno: Quien brindo sus conocimientos a lo largo del desarrollo de la investigación, siendo indispensable para la culminación de esta tesis.
- Colaboradores: Apoyaron y brindaron las facilidades para realizar la recolección de datos y el levantamiento topográfico de las edificaciones de adobe.
- Entrevistas al personal de las instituciones para obtener datos importantes sobre antigüedad, reconstrucciones y remodelaciones que han tenido las edificaciones de adobe.

➤ Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron tanto para el estudio, recolección y elaboración de la investigación fueron:

- Winchas
- Regla
- GPS
- Internet
- Cámara Fotográfica
- Hoja de apuntes
- Computadora (programas como AutoCAD, Excel, Word, etc.)
- Fichas de reportes de adobe
- Balanza
- Maquina universal de Ensayos de la facultad de Ingeniería Civil - Universidad Nacional de Cajamarca.

3.4. METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo inductiva ya que se ha realizado un análisis selectivo y concreto de las edificaciones de adobe partiendo de lo particular hacia lo general mediante el análisis y observación de las estructuras que lo conforman, a su vez se aplicó la metodología basada en el cálculo de riesgo sísmico de edificaciones autosustentables en la costa peruana (Mosqueira y Tarque, 2005) mediante fichas de reporte adaptadas y aplicadas a edificaciones de adobe. (Fichas De Reporte de Adobe - PUCP, 2004)

Tabla 2: Tipificación de la investigación

CRITERIO	TIPO DE INVESTIGACIÓN
Finalidad	Aplicada
Estrategia o Enfoque Teórico	Mixta
Objetivos Generales	Descriptiva
Control en el Diseño de la Prueba	No experimental
Temporalidad	Transversal

Fuente: elaboración propia.

3.5. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación presenta un diseño no experimental descriptivo, pues analiza y evalúa las variables y características que presentan las edificaciones en estudio, está fundamentada en la ecuación propuesta por (Kuroiwa , 2002) la cual relaciona el riesgo sísmico, peligro sísmico y la vulnerabilidad sísmica de una edificación, a partir de esto es que sugiere el cálculo numérico de la vulnerabilidad sísmica con su respectiva calificación de buena, regular o mala, a través de dos factores; vulnerabilidad estructural y vulnerabilidad no estructural, las cuales han sido aplicadas y fundamentadas en investigaciones de la Pontificia Universidad Católica del Perú mediante fichas de reporte elaboradas en Excel para edificaciones de albañilería confinada (Mosqueira y Tarque, 2005) y edificaciones de adobe. (Diaz, 2015).

Las fichas de reporte presentarán dos etapas:

En la primera etapa de las fichas tenemos los antecedentes, donde se especifica y describe la ubicación, características y rasgos generales el estado actual de la edificación, esta parte ayuda a mostrar de forma concisa la edificación que se va a analizar.

Seguido a esto se presenta los aspectos técnicos, tales como los elementos de las edificaciones, describiendo los tipos de materiales y las medidas de los elementos estructurales de la edificación. Especificando en lo posible características de los materiales y describiendo las probables deficiencias observados en los elementos estructurales.

Luego se presenta la deficiencia de la estructura donde se han agrupado los problemas que pueden tener las edificaciones. Estos problemas están referidos a la ubicación de las edificaciones en estudio, a los problemas constructivos y estructurales, y a la calidad de mano de obra que tuvo la construcción. Seguido de esto se muestran los peligros naturales potenciales a los que las edificaciones, dependiendo de su ubicación, pueden estar sometidos.

Finalmente en la parte de comentarios y observaciones podemos explicar con mayor detalle como las edificaciones pueden estar expuestas a peligros naturales, así mismo describir alguna característica importante que se no considere en otros ítems.

En la segunda etapa de las fichas de reporte se realizan los cálculos necesarios para analizar y determinar la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones, los mismos que se detallarán en los siguientes párrafos.

Como se mencionó en los párrafos anteriores la vulnerabilidad sísmica está en función de la vulnerabilidad estructural y a la vulnerabilidad no estructural, además partiendo del concepto que los muros son los elementos más importantes en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de tierra. (Norma E.080, 2017), es que la vulnerabilidad estructural de las edificaciones de adobe estará en función de dos parámetros: Verificación de la densidad de muros de las edificaciones (realizando una verificación adicional de esfuerzos a corte de cada muro por planta) y en función del estado actual de las edificaciones, por ultimo tenemos que la vulnerabilidad no estructural estará en función a un solo parámetro el cual será el análisis de la estabilidad de muros al volteo, los cuales serán presentados en las fichas de reporte.

Para la verificación de la densidad de los muros de adobe y así determinar si la edificación tiene una adecuada densidad de muros, se establecerá la comparación entre el área existente y el área requerida de muros. Cabe resaltar que a diferencia de los muros de albañilería, en muros de adobe no existe limitación de longitud de muros ya que estos trabajan independientemente, puesto que estas construcciones no cuentan con diafragmas horizontales rígidos a nivel de los techos y no habrá una transferencia de fuerza sísmica del diafragma hacia el muro. (Norma E.080, 2017)

Para el cálculo del Área requerida en los muros de adobe se utilizará la siguiente ecuación (Fichas De Reporte de Adobe - PUCP, 2004).

$$A_r = \frac{S \cdot C \cdot W \cdot N \cdot A_t}{v'm} \quad (1)$$

Donde:

A_r : Área Requerida

S : Factor de suelo

C : Coeficiente sísmico

w : Peso promedio por Área

N : Número de pisos

A_t : Área total Techada (m^2)

$V'm$: Esfuerzo a corte

Dicha ecuación está basada en las Fuerzas sísmicas horizontales (cortante sísmico) según lo estipulado en la Norma E.080 (2017).

$$H = S \cdot U \cdot C \cdot P \quad (2)$$

Donde:

H : Fuerza Sísmica horizontal

S : Factor de suelo

U : Factor de Uso

C : Coeficiente Sísmico

P : Peso de la edificación Número de pisos

De acuerdo a la Norma E.080 (2017) los tipos de suelo y su respectivo factor se obtendrán según la siguiente tabla (tabla 3).

Tabla 3: Factor de suelo (S)

Tipo	Descripción	Factor S
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 3.06 kg.f/ cm ² o 0.3Mpa	1.0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible >1.02 1 kg.f/ cm ² o 0.1Mpa	1.4

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

Los valores de Factor de Uso y densidad de muros según el tipo de edificación lo encontramos en la siguiente tabla (tabla 4) de la Norma E.080 (2017)

Tabla 4: Factor de Uso (U) y densidad según tipo de edificación

Tipo de Edificación	Factor de Uso	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1.4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1.2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1.0	8%

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

El coeficiente sísmico C según la ubicación donde se desarrolla la investigación, se selecciona los valores para cada caso según Norma E.080 (2017)

Tabla 5: Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico C
4	0.25
3	0.20
2	0.15
1	0.10

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

En general, en edificaciones de adobe o tapial, los muros del primer nivel continúan en el segundo nivel, sin embargo en estas edificaciones no sucede lo mismo, por lo que el área de cada piso será diferente y se realizará el análisis por cada nivel.

Luego, realizando la comparación entre ambos parámetros “Ae” y “Ar” tendremos:

Tabla 6: Verificación de la densidad de muros

Relación	Resultado
$\frac{Ae}{Ar} < 0.6$	Edificación con la densidad de muros inadecuada.
$\frac{Ae}{Ar} > 1$	Edificación con la densidad de muros adecuada.
$0.6 \leq \frac{Ae}{Ar} \leq 1$	Es indispensable realizar una verificación de algunos muros a corte.

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte De Adobe - PUCP, 2004

Donde:

Ae: Área existente

Ar: Área Requerida

Para realizar la verificación adicional de los muros a corte se realizará una comparación entre estos y los esfuerzos admisibles, que según indica la norma tiene un valor promedio de 25kPa (Norma E.080, 2017), esta comparación nos indicará si el muro es adecuado o inadecuado según sea el caso, para ello utilizaremos la siguiente expresión. (Fichas De Reporte de Adobe - Pucp, 2004)

$$Esc = \frac{S.C.w.At}{e.L} \quad (3)$$

Donde:

Esc: Esfuerzos admisibles a corte

S: Factor de suelo

C: Coeficiente sísmico

w: Peso promedio por Área

N: Número de pisos

At: Área total Techada (m²)

e : Espesor del muro

L : longitud de Muro

El estado actual de la edificación tendrá las calificaciones de buena, regular, o mala calidad según la evaluación y diagnóstico de las vigas, entrepiso, cobertura, fisuras o grietas en los muros y demás estructuras de la edificación, las cuales serán presentadas en la primera parte de las fichas de reporte.

La evaluación de estabilidad de muros al volteo se realizará haciendo una comparación entre el momento resistente M_r y el momento actuante M_a que soportan los tabiques, parapetos y cercos, debido a cargas perpendiculares a sus planos, en este caso se utilizará la siguiente expresión.

$$M_a = 0,8 \cdot Z \cdot C_1 \cdot m \cdot P \cdot a^2 \quad (4)$$

Donde

M_a = Momento Actuante

P: Peso de muro

Los valores de Z corresponden a los indicados en la tabla 5

Los valores de C_1 según la norma actual de diseño sismorresistente E.0.30 son:

Tabla 7: Valores C_1 para elementos no estructurales

Elemento no Estructural	Valor
Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación en la cual la dirección de la fuerza es perpendicular a su plano. (PARAPETOS)	$C_1 = 3$
Muros dentro de una edificación (dirección de la fuerza perpendicular a su plano). (TABIQUES)	$C_1 = 2$
CERCOS	$C_1 = 0.6$

Fuente: Norma E. 030 Diseño sismorresistente

El cálculo de la dimensión crítica “a” de acuerdo al número de bordes arriostrados de un determinado muro presentados en la siguiente tabla (tabla 8).

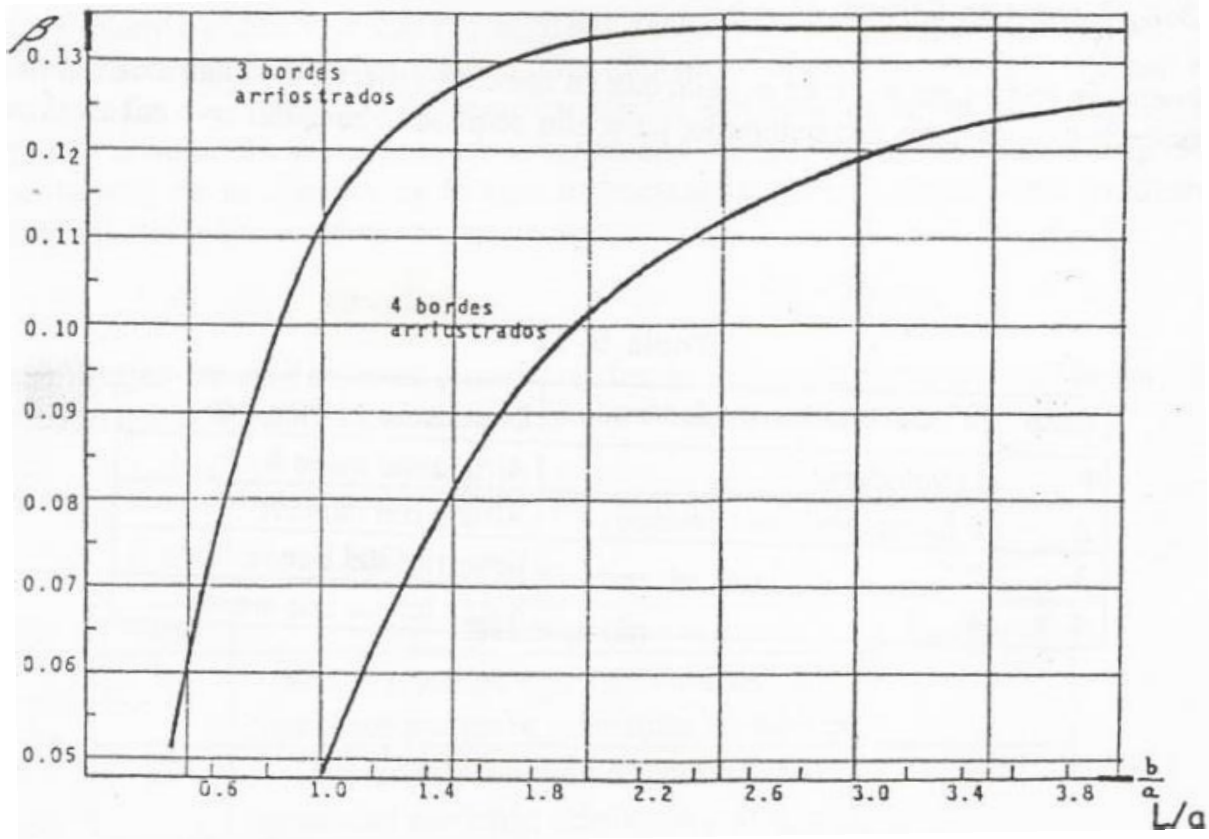
Tabla 8 Dimensión Crítica

Caso	Nº de bordes arriostrados	Dimensión Crítica: a (L: longitud de muro, h: altura de muro)
1	1 (voladizo)	$a = h$
2	2 (simplemente apoyado)	$a = h$
3	3	$a = h$ o L (La que presente el borde libre)
4	4	$a = h$ o L (La que presente la menor longitud)

Fuente: Tejada, 2001:93

m: Coeficiente según diferentes condiciones de borde, se estima empleando un gráfico preparado por Timoshenko y Woinowsky – krieger, según el número de bordes arriostrados del muro que para el caso 1: $m=0.5$ (voladizo), para el caso 2: $m=0.125$ (simplemente apoyado) y para los casos 3 y 4 el valor de m se obtiene calculando previamente el valor de L/a , con el cual se ingresa al grafico hasta alcanzar la curva correspondiente y determinar el valor buscado de m (β). (Tejada , 2001), cabe resaltar que estos valores han sido ajustados a funciones logarítmicas ($y=a.\ln(x+b)+c$), según la gráfica original de Timoshenko. (Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004)

Figura 27: Relación L/a según el número de bordes arriostrados por Timoshenko y Woinowsky



Fuente: Tomado de Tejada, 2001:94

Una vez calculado el momento actuante, procedemos con el cálculo del momento resistente del muro (M_r) con la siguiente expresión:

$$M_r = 6,667 \cdot t^2 \quad (5)$$

Donde:

t : espesor de muro (m)

Luego comparamos los valores obtenidos en las ecuaciones 4 y 5, concluyendo lo siguiente

- Si $M_a \leq M_r$, Muro es estable.
- Si $M_a > M_r$, Muro es inestable.

Finalmente para el análisis de la vulnerabilidad sísmica se contará con las calificaciones de alta, media o baja, las cuales serán definidas según la densidad de muros, el estado actual de la edificación y la verificación de muros al volteo con los porcentajes de incidencia de la siguiente tabla.

Tabla 9: Parámetros para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica.

Vulnerabilidad Sísmica					
Vulnerabilidad Estructural				Vulnerabilidad No estructural	
Densidad de muros de adobe (60%)		Estado actual de la institución de adobe analizada (30%)		Verificación de muros al volteo (10%)	
Adecuada	1	Buena Calidad	1	Todos Estables	1
Aceptable	2	Regular Calidad	2	Algunos Estables	2
Inadecuada	3	Mala Calidad	3	Todos Inestables	3

Fuente: Adaptado de la Tabla N° 4.03 “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

Es decir la ecuación general para el cálculo y calificación de la vulnerabilidad sísmica es:

$$\text{Vulnerabilidad Sísmica} = (0,6 \times \text{Densidad de muros}) + (0,3 \times \text{Estado actual de la edificación}) + (0,1 \times \text{Verificación de muros al volteo}) \quad (6)$$

A continuación se presenta las diferentes combinaciones posibles de los parámetros que califican la vulnerabilidad sísmica de la edificación de adobe.

Tabla 10: Combinaciones de los parámetros para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica.

VULNERABILIDAD SÍSMICA	Estructural						No estructural			Valor numérico
	Comportamiento sísmico de los muros de adobe (60%)			Estado actual de la edificación de adobe			Verificación de muros al volteo			
	Adecuada	Aceptable	inadecuada	Buena	Regular	Mala	Estables	Algunos estables	Inestables	
BAJA	X			X			X			1.0
	X			X				X		1.1
	X			X					X	1.2
	X				X		X			1.3
	X				X			X		1.4
MEDIA	X				X				X	1.5
	X					X	X			1.6
	X					X		X		1.7
	X					X			X	1.8
		X		X			X			1.6
		X		X				X		1.7
		X		X					X	1.8
		X			X		X			1.9
		X			X			X		2.0
		X				X			X	2.1
ALTA		X				X	X			2.2
		X				X		X		2.3
		X				X			X	2.4
			X	X			X			2.2
			X	X				X		2.3
			X	X					X	2.4
			X		X		X			2.5
			X		X			X		2.6
			X		X				X	2.7
			X			X	X			2.8
			X			X		X		2.9
			X			X			X	3.0

Fuente: “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

Tabla 11: Tabla de resumen de rangos

Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica	Rango de valores		
Baja	1	a	1.4
Media	1.5	a	2.1
Alta	2.2	a	3

Fuente: Tabla N° 4.04 “Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana”. Lima. 2005.

Por lo tanto los valores asignados a cada parámetro de la tabla 9. Se remplazan en la ecuación 6, dicho valor se ubica dentro de la tabla de resumen de rangos (tabla. 11) Para así dar la calificación de Vulnerabilidad Baja, Media o Alta según corresponda.

3.6. PROCEDIMIENTO

3.6.1. OBTENCIÓN Y RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Se realizó diferentes visitas a las Instituciones educativas Nuestra Señora de La Merced y Juan Clemente Vergel Ex 91, estas se realizaron con el permiso de las autoridades a cargo, los cuales se mostraron siempre comprometidos con el trabajo de esta tesis otorgando las facilidades necesarias para el desarrollo de esta investigación.

Una vez que se contó con los permisos en ambas instituciones se procedió a realizar un reconocimiento general a fin de familiarizarse con la distribución y plantear el mejor camino para el desarrollo de los levantamientos de las edificaciones en estudio.

Figura 28: Reconocimiento de Edificaciones en estudio a) Nuestra señora de La merced b) Juan Clemente Vergel ex 91



Fuente: Elaboración propia

Luego se realizaron los levantamientos con wincha de toda la edificación de adobe determinando así la geometría de los elementos de la edificación mediante la elaboración de los planos realizados en el programa AutoCad, cabe resaltar que el procedimiento fue el mismo para ambas edificaciones.

Figura 29: Levantamiento de las edificaciones y verificación de dimensiones. a) Nuestra señora de La merced b) Juan Clemente Vergel ex 91



a)

b)

Fuente: Elaboración propia

3.6.2. EVALUACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS EDIFICACIONES

3.6.2.1. Evaluación de las Edificaciones

La evaluación del estado actual se realiza de manera visual donde se hace un diagnóstico de toda la edificación de adobe verificando el estado de las estructuras. Se ubican las fallas más comunes, verificando si los elementos estructurales han sido afectados por factores de humedad, tiempo o uso de la edificación.

Verificamos además si los trabajos de mantenimiento y/o remodelación realizados en la edificación aumentan su vulnerabilidad o afectan su comportamiento estructural, como el uso de materiales incompatibles en los muros.

Figura 30: (a) Humedad y desprendimiento en techo de la edificación, (b) Vigas apolilladas e gran parte del colegio La merced.



(a)

(b)

Fuente: Elaboración propia

Figura 31: Incompatibilidad de materiales en muros de adobe



Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Desprendimiento de tarrajeo en muros



Fuente: Elaboración propia

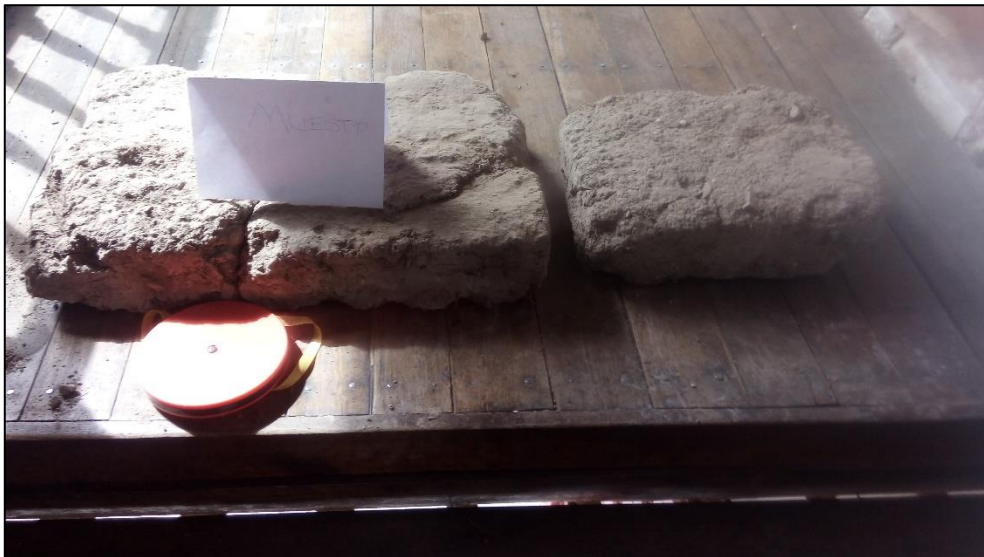
3.6.2.2. Ensayo de laboratorio

Se ha realizado los ensayos necesarios para determinar la resistencia a compresión de la principal unidad estructural de La Edificación Nuestra señora de la Merced, el adobe, que según la (Norma E.080, 2017) el valor de la resistencia ultima no debe ser menor a 1.0 MPa o 10.2 Kgf/cm².

3.6.2.3. Procedimiento para ensayo de rotura

El ensayo a compresión se desarrolló según indica la (Norma E.080, 2017), tomando 12 muestras cubicas de 0.1 m de arista como se ve en la figura 34, las cuales fueron adquiridas de un adobe extraído de la edificación Nuestra señora de la merced (figura 33).

Figura 33: Muestras de adobe del colegio Nuestra Señora de la Merced



Fuente: Elaboración propia

Luego se procede a enrasar con yeso las caras superior e inferior de las muestras de adobe dándole así homogeneidad en las áreas de contacto.

Figura 34: Muestras cúbicas de adobe de 0.1 m de lado



Fuente: Elaboración propia

Las pruebas de cada muestra fueron realizados en la Maquina universal de Ensayos del laboratorio de resistencia de materiales de la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca.

Así mismo el valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia ultima (f_o) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas (Norma E.080, 2014).

A continuación se muestra una tabla con los esfuerzos máximos obtenidos de cada muestra cubica,

Tabla 12: Esfuerzos máximos de cubos de adobe de 10x10 cm

MUESTRA	ESFUERZO MÁXIMO (Kg/cm²)
1	8.50
2	9.58
3	9.97
4	6.80
5	8.90
6	7.71
7	5.70
8	5.42
9	5.88
10	7.03
11	6.04
12	7.49

Fuente: Elaboración propia

A partir de la tabla 12 seleccionamos los valores cercanos entre sí, descartando los que contengan valores muy diferentes a la mayoría de resultados, luego se procede a realizar el cálculo de la resistencia final restando una desviación estándar al valor promedio de las muestras según los lineamientos de la Norma (E.080, 2014:Item 5.4b).

Tabla 13: Esfuerzo máximo total de la muestra de adobe

MUESTRA	ESFUERZO MÁXIMO (Kg/cm²)
4	6.80
6	7.71
7	5.70
8	5.42
9	5.88
10	7.03
11	6.04
12	7.49
desviación estándar	0.864
Promedio	6.51
Esfuerzo Máximo total	5.645

Fuente: Elaboración propia

Figura 35: Ensayo a compresión en maquina universal, Laboratorio de Resistencia de Materiales



Fuente: Elaboración propia

3.6.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

3.6.3.1. Áreas tributarias

Las áreas tributarias se calculan con la ayuda de los planos elaborados en AutoCad de cada edificación de adobe (Anexo V), los valores de las áreas tributarias de la Institución Nuestra Señora de la Merced se muestran en tabla 14.

3.6.3.2. Análisis Sísmico

A partir de esto procedemos a realizar el análisis sísmico según la metodología explicada en el acápite 3.5. Los datos de estos análisis se muestran en el acápite 3.7.3

Tabla 14: Áreas Tributarias de la edificación

Primer Nivel			
Sentido X		Sentido Y	
Código de muro	Áreas tributarias	Código de muro	Áreas tributarias
M1X	20.14	M5Y	3.00
M2X	14.33	M6Y	8.89
M3X	17.90	M7Y	13.15
M4X	10.03	M9Y	10.03
M5X	2.56	M10Y	10.59
M6X	3.12	M11Y	10.75
M7X	14.33	M12Y	18.66
M8X	26.07	M13Y	13.09
M9X	16.74	M14Y	9.51
M10X	12.27	M15Y	11.88
M11X	10.71	M16Y	12.50
M12X	15.93	M17Y	17.83
M13X	17.24	M18Y	8.98
M14X	4.77	M19Y	8.23
M15X	4.84	M20Y	17.65
M16X	15.62	M21Y	21.27
M17X	19.04	M22Y	12.21
M18X	6.94	M23Y	22.19
M24X	23.61	M24Y	19.00
M25X	18.09	M25Y	17.08
M26X	20.02	M26Y	14.41
M27X	8.82	M42Y	6.46
M28X	9.64	M43Y	6.62
M29X	8.67	M44Y	15.19
M30X	8.84	M45Y	10.82
M31X	4.79	M46Y	8.63
M32X	9.87	M47Y	13.91
M33X	41.40		
M34X	16.20		
M35X	31.18		
M36X	10.21		
M37X	9.65		
M38X	6.73		
M39X	14.02		
M40X	14.80		
M41X	13.69		
M42X	10.47		
M43X	11.88		
M44X	8.47		
M46X	18.85		

Fuente: Elaboración propia

Todas las áreas tributarias de las edificaciones se muestran en el acápite 3.7.2.

3.7. TRATAMIENTO, ANÁLISIS DE DATOS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para esta etapa de la investigación y con los datos necesarios obtenidos in-situ y en el laboratorio de ensayos de la Universidad Nacional de Cajamarca, se realiza el análisis sísmico de las edificaciones en estudio, el cual será presentado en tablas y Gráficos elaboradas en Microsoft Office Excel, los cuales nos servirán para sacar algunas conclusiones en función de los objetivos e hipótesis planteadas.

3.7.1. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL ADOBE

3.7.1.1. Ensayo a Compresión

A continuación se muestra un resumen de los datos obtenidos en los ensayos a compresión de las muestras de adobe, las tablas y valores completos de las 12 muestras cubicas se muestran en el Anexo I.

Tabla 15: Esfuerzo y Módulo de elasticidad del adobe

MUESTRA	ESFUERZO MÁXIMO (Kg/cm ²)
1	8.50
2	9.58
3	9.97
4	6.80
5	8.90
6	7.71
7	5.70
8	5.42
9	5.88
10	7.03
11	6.04
12	7.49
Resistencia Máxima a compresión	5.645
Módulo de elasticidad promedio	133.48

Fuente: Elaboración propia

3.7.1.2. Peso Específico del Adobe

El Cálculo del peso específico se realizó con la siguiente formula.

$$P.E = \frac{\text{peso del adobe}}{\text{volumen}} \quad (7)$$

Figura 36: Determinación del peso del adobe de muestra.



Fuente: Elaboración propia

$$P.E = \frac{17.35 \text{ kg}}{0.014 \text{ m}^3}$$

$$\text{Peso específico} = 1239.29 \text{ kg/m}^3$$

3.7.2. ÁREAS TRIBUTARIAS

A continuación se presenta en las tablas las áreas tributarias correspondientes a cada Nivel según la institución educativa que corresponda.

Tabla 16: Áreas Tributarias del primer nivel - Nuestra Señora de la Merced

Primer Nivel			
Sentido X		Sentido Y	
Código de muro	Áreas tributarias	Código de muro	Áreas tributarias
M1X	20.14	M5Y	3.00
M2X	14.33	M6Y	8.89
M3X	17.90	M7Y	13.15
M4X	10.03	M9Y	10.03
M5X	2.56	M10Y	10.59
M6X	3.12	M11Y	10.75
M7X	14.33	M12Y	18.66
M8X	26.07	M13Y	13.09
M9X	16.74	M14Y	9.51
M10X	12.27	M15Y	11.88
M11X	10.71	M16Y	12.50
M12X	15.93	M17Y	17.83
M13X	17.24	M18Y	8.98
M14X	4.77	M19Y	8.23
M15X	4.84	M20Y	17.65
M16X	15.62	M21Y	21.27
M17X	19.04	M22Y	12.21
M18X	6.94	M23Y	22.19
M24X	23.61	M24Y	19.00
M25X	18.09	M25Y	17.08
M26X	20.02	M26Y	14.41
M27X	8.82	M42Y	6.46
M28X	9.64	M43Y	6.62
M29X	8.67	M44Y	15.19
M30X	8.84	M45Y	10.82
M31X	4.79	M46Y	8.63
M32X	9.87	M47Y	13.91
M33X	41.40		
M34X	16.20		
M35X	31.18		
M36X	10.21		
M37X	9.65		
M38X	6.73		
M39X	14.02		
M40X	14.80		
M41X	13.69		
M42X	10.47		
M43X	11.88		
M44X	8.47		
M46X	18.85		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Áreas Tributarias del Segundo Nivel - Nuestra Señora de la Merced

Segundo Nivel			
Sentido X		Sentido Y	
Código de muro	Áreas tributarias	Código de muro	Áreas tributarias
M1X	21.56	M10Y	10.31
M2X	13.14	M11Y	10.50
M3X	13.71	M12Y	11.53
M4X	14.33	M13Y	13.77
M5X	9.10	M14Y	21.00
M6X	8.85	M15Y	12.20
M7X	14.75	M16Y	10.23
M8X	24.94	M17Y	9.70
M9X	17.13	M18Y	12.88
M10X	15.33	M19Y	9.48
M11X	7.63	M20Y	22.49
M12X	19.61	M21Y	18.40
M13X	12.85	M22Y	16.64
M14X	11.05	M23Y	11.83
M15X	10.67	M24Y	11.67
M16X	14.30	M25Y	15.50
M17X	11.70	M26Y	15.28
M18X	15.00	M27Y	10.32
M26X	17.94	M28Y	10.00
M27X	20.19	M29Y	9.10
M28X	8.86	M30Y	10.86
M29X	9.25	M35Y	14.78
M30X	19.16	M36Y	11.21
M31X	8.05	M40Y	8.04
M32X	12.05	M43Y	6.66
M35X	20.80	M44Y	5.77
M36X	21.50	M45Y	8.89
M37X	12.60	M46Y	8.84
M38X	9.80	M48Y	6.63
M39X	6.73	M49Y	8.58
M40X	13.92	M50Y	15.20
M45X	10.65	M51Y	15.50
M46X	11.94	M52Y	15.10
M47X	8.08	M53Y	8.33
		M54Y	10.60

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Áreas Tributarias del primer nivel - Juan Clemente Vergel

Primer Nivel			
Sentido X		Sentido Y	
Código de muro	Áreas tributarias	Código de muro	Áreas tributarias
M1X	25.86	M13Y	16.58
M2X	9.23	M14Y	35.72
M3X	19.53	M15Y	12.59
M4X	19.88	M16Y	12.07
M5X	19.60	M17Y	12.15
M6X	20.73	M18Y	14.46
M7X	34.11	M19Y	26.14
M8X	34.68	M20Y	31.90
M9X	41.08	M21Y	27.11
M10X	12.21	M22Y	31.57
M11X	43.45	M23Y	23.85
M15X	8.97	M24Y	13.69
M16X	13.15	M25Y	15.28
M17X	13.61	M26Y	32.54
M18X	11.10	M27Y	33.04
M19X	24.76	M28Y	17.79
M20X	27.71	M29Y	17.48
M21X	27.08	M30Y	31.11
M22X	25.81	M31Y	34.08
M23X	18.53	M32Y	23.86
M24X	54.14	M33Y	31.57
M25X	19.40		
M26X	48.90		

Fuente: Elaboración propia

3.7.3. ANÁLISIS SÍSMICO

Se realizó Utilizando las ecuaciones mencionadas en el diseño de la investigación (capitulo 3.5), las cuales han sido adaptadas y aplicadas mediante fichas de reporte.

A continuación se presenta los resultados de la primera etapa el cual indicada y muestra algunas de las características de la edificación, la presentación de esta primera etapa está adaptado a la edificación Nuestra señora de la merced y Juan Clemente Vergel según el formato de (Fichas De Reporte De Adobe - Pucp, 2004).

Estas características se han obtenido luego de realizar un análisis a las edificaciones en estudio, las imágenes correspondientes al diagnóstico de las edificaciones de estudio lo podemos encontrar en el anexo II.

Ficha de reporte Primera Etapa Nuestra Señora de la Merced

**ESTUDIO DE VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES DE ADOBE - CAJAMARCA
FICHA DE REPORTE
APLICACIÓN COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED**

Tipo de sistema estructural:

ANTECEDENTES

Departamento : Cajamarca Provincia : Cajamarca

Distrito : Cajamarca Dirección : Jr. Junín Nº 570

Dirección técnica en el diseño: Ninguna

Pisos construidos: 2 Pisos proyectados: 2 Antigüedad de la viv. 80 años

Peligros naturales potenciales que afectan la vivienda: Los peligros más significativos en la institución educativa

La Merced son los sismos moderados y severos que puedan ocurrir además de las intensas lluvias en algunos meses del año, las cuales pueden debilitar las estructuras de la edificación.

Topografía y geotécnia: Presenta una topografía con pendiente baja donde presenta un suelo de tipo gravoso y arcilloso.

Estado de la edificación: La institución educativa Nuestra señora de la Merced presenta un Estado de conservación regular, ya que a pesar de los trabajos de mantenimiento y remodelación que se han realizado a lo largo de sus años de servicio se puede observar deterioro en la mayoría de vigas de madera sobretodo en el primer nivel, así como filtraciones y goteras en algunos salones, especialmente los del segundo nivel. Además se observa algunas fisuras por punzonamiento en los encuentros de vigas y muros de adobe, esto debido a la falta de elementos de conexión.

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

Aspectos técnicos de la Edificación Nuestra Señora de La merced

ASPECTOS TÉCNICOS

Elementos de la edificación:

Elementos	Características
Cimientos	Cimentación ciclópea aparentemente en buen estado.
Muros	Conformado por adobes de 65 cm x 40 cm x 10 cm, juntas de 1.5 cm @ 2 cm y revestimiento de yeso.
Techo	Presenta un sistema típico de techado con cobertura de teja Andina Eternit sobre vigas de madera de eucalipto en el primer y segundo nivel de la institución.
Vigas	Vigas de madera de eucalipto rollizo de 5" sobre muro y en dinteles.
Otros	Timpanos de adobe que varían entre 0.80 m a 1.50 m de altura

Deficiencias de la estructura:

PROBLEMAS DE UBICACIÓN	PROBLEMAS ESTRUCTURALES
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Densidad de muros inadecuada
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo no consolidado	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin viga solera de madera o concreto
<input type="checkbox"/> Edificación con asentamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo
<input type="checkbox"/> Edificación en pendiente	<input type="checkbox"/> Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Dinteles con reducida longitud de apoyo
Edificación de 2 niveles ubicada en una zona de alta actividad sísmica (Zona 3)	<input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada
	<input type="checkbox"/> Torsión en planta
PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS	<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda sin junta sísmica
<input type="checkbox"/> Muros expuestos a lluvia	<input checked="" type="checkbox"/> Otros:
<input type="checkbox"/> Juntas de construcción mal ubicadas	
<input checked="" type="checkbox"/> Combinación de ladrillo con adobe o tapial en muros	MANO DE OBRA
<input checked="" type="checkbox"/> Unión muro techo no monolítica	<input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala
<input type="checkbox"/> Muros inadecuados para soportar empuje lateral	Otros
<input checked="" type="checkbox"/> Unidades de adobe o tapial de baja calidad	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	
Desprendimiento de tarrajeo, vigas deterioradas o apolilladas y pandeadas debido a exceso de cargas en el segundo nivel y antigüedad de edificación.	

PELIGROS NATURALES POTENCIALES

<input checked="" type="checkbox"/> Sismos	<input checked="" type="checkbox"/> Lluvia	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Huayco	<input type="checkbox"/> Viento	
<input type="checkbox"/> Deslizamiento	<input type="checkbox"/> Inundación	

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

La humedad presente en la parte superior de algunos muros, además de las filtraciones en algunas aulas puede modificar las propiedades de los materiales que componen esta edificación, debilitando sus capacidades estructurales. Los elementos de madera como vigas y puertas presentan desgaste y deterioro ya sea por apolillamiento o por la antigüedad de los materiales. Además de ello se observa que la edificación no presenta ningún tipo de refuerzo en sus elementos estructurales.

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

Ficha de reporte primera etapa de la edificación Juan Clemente Vergel

VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES DE ADOBE - CAJAMARCA FICHA DE REPORTE APLICACIÓN INSTITUCIÓN EDUCATIVA JUAN CLEMENTE VERGEL EX 91

Tipo de sistema estructural:

ANTECEDENTES

Departamento : **Cajamarca** Provincia : **Cajamarca**

Distrito : **Cajamarca** Dirección: **Jr. Guillermo Urrelo 774**

Dirección técnica en el diseño: **Ninguna**

Pisos construidos: **1** Pisos proyectados: **1** Antigüedad de la vivienda: **105** años

Peligros naturales potenciales que afectan la vivienda: **Los peligros más significativos en la institución educativa**

Juan clemente vergel son los sismos moderados y severos que puedan ocurrir además de las intensas lluvias en algunos meses del año, las cuales pueden debilitar las estructuras de la edificación.

Topografía y geotécnica: **Presenta una topografía con pendiente baja donde presenta un suelo de tipo gravoso y arcilloso.**

Estado de la edificación: **La institución educativa Juan Clemente Vergel ex 91 presenta un Estado de conservación regular a pesar de la antigüedad de la edificación, cabe mencionar que la edificación ha sido remodelada a lo largo de sus años cambiando la cobertura de la edificación y algunas estructuras de madera, sin embargo el elemento estructural principal y unidad de análisis de la investigación, muros de adobe, se ha mantenido.**

En algunas aulas podemos observar desprendimiento de tarrajeo, y deterioro de algunos de los elementos de madera más antiguos de la edificación.

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

Aspectos técnicos de la Edificación Juan Clemente Vergel – Ex91

ASPECTOS TÉCNICOS

Elementos de la edificación:

Elementos	Características
Cimientos	Cimentación ciclópea aparentemente en buen estado.
Muros	Conformado por adobes de 70 cm x 40 cm x 10 cm, juntas de 1.5 cm @ 2 cm y revestimiento de yeso.
Techo	Presenta un sistema típico de techado con cobertura de teja Andina Eternit sobre tijerales y vigas de madera.
Vigas	Vigas de madera de eucalipto rollizo de 5" - 7" sobre muro y en dinteles.
Otros	Timpanos de adobe que varían entre 1.50 m a 2.00 m de altura

Deficiencias de la estructura:

PROBLEMAS DE UBICACIÓN	PROBLEMAS ESTRUCTURALES
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Densidad de muros inadecuada
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo no consolidado	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin viga solera de madera o concreto
<input type="checkbox"/> Edificación con asentamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo
<input type="checkbox"/> Edificación en pendiente	<input type="checkbox"/> Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Dinteles con reducida longitud de apoyo
Edificación con muros altos de más de 3 metros ubicados en una zona de alta actividad sísmica (Zona 3)	<input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada
	<input checked="" type="checkbox"/> Torsión en planta
PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS	MANO DE OBRA
<input type="checkbox"/> Muros expuestos a lluvia	<input type="checkbox"/> Buena
<input type="checkbox"/> Juntas de construcción mal ubicadas	<input checked="" type="checkbox"/> Regular
<input checked="" type="checkbox"/> Combinación de ladrillo con adobe o tapial en muros	<input type="checkbox"/> Mala
<input checked="" type="checkbox"/> Unión muro techo no monolítica	Otros
<input type="checkbox"/> Muros inadecuados para soportar empuje lateral	
<input checked="" type="checkbox"/> Unidades de adobe o tapial de baja calidad	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	
Desprendimiento de tarrajeo, vigas deterioradas debido a la antigüedad de esta, exceso de cargas por remodelaciones en la edificación.	

PELIGROS NATURALES POTENCIALES

<input checked="" type="checkbox"/> Sismos	<input checked="" type="checkbox"/> Lluvia	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Huayco	<input type="checkbox"/> Viento	
<input type="checkbox"/> Deslizamiento	<input type="checkbox"/> Inundación	

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

Las remodelaciones que se han realizado en las edificaciones han perjudicado de alguna manera la estructura de adobe, generando grietas y/o deformaciones en estas, por ejemplo la habilitación de nuevos niveles en algunos ambientes que por mas pequeños que sean pueden modificar y disminuir las capacidades estructurales de los muros de adobe, debido al exceso de carga que se originará en cada muro portante.

Además se observa que la edificación no presenta ningún tipo de refuerzo en sus elementos estructurales.

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

3.7.4. DENSIDAD DE MUROS

A continuación se presenta un cuadro con los resultados de la aplicación al Colegio Nuestra señora de la Merced correspondiente a la densidad de muros.

Tabla 19: Análisis por densidad de muros (H=SUCP)

Nº de Pisos = 2		S= 1.4			C = 0.2			
Peso promedio x m ² = 16 kN/m ²					v'm = 25 kPa			
Área en planta Ap m ²	Peso prom. por área kN/m ²	Cort. Basal H=SUCP kN	Área de muros		Relación Ae / Ar Adim.	Resultado	Según Norma E.080 2017	
			Existente Ae m ²	Requerida Ar m ²				
Primer Nivel								
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")								
763.5	16	6841.3	69.2	273.7	0.25	Inadecuada	9.07	No cumple
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")								
763.5	16	6841.3	44.4	273.7	0.16	Inadecuada	5.81	No cumple
Segundo Nivel								
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")								
895.5	16	8024.1	54.8	321.0	0.17	Inadecuada	6.11	No cumple
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")								
895.5	16	8024.1	46.2	321.0	0.14	Inadecuada	5.16	No cumple

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

El valor de la densidad mínima para la edificación corresponde a edificaciones de uso Educativo, dispuesta en la Tabla 4 de La norma E.080 2017 Diseño y Construcción con tierra reforzada.

Así mismo se presenta un cuadro con los resultados de la aplicación a la Institución Juan Clemente Vergel.

Tabla 20: Análisis por densidad de muros (H=SUCP)

Nº de Pisos= 1		S = 1.4			C = 0.2			
Peso promedio x m2 = 16 kN/m2					v'm = 25 kPa			
Área en planta Ap	Peso prom.	Cort. Basal	Área de muros		Relación	Resultado	Según Norma E.080 2017	
	por área	H=SUCP	Existente Ae	Requerida Ar	Ae / Ar			
m2	kN/m2	kN	m2	m2	Adim.			
Primer Nivel								
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")								
1192.5	16	5342.4	37.7	213.7	0.18	Inadecuada	3.16	No cumple
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")								
1192.5	16	5342.4	29.2	213.7	0.14	Inadecuada	2.44	No cumple

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

3.7.5. VERIFICACIÓN DE MUROS A CORTE

Siguiendo con la metodología planteada, se presenta el cuadro con los resultados de la verificación a esfuerzos cortantes de cada edificación.

Aplicación al caso Nuestra Señora de la Merced

Tabla 21: Verificación de Muros portantes por corte Nuestra Señora de la Merced - Primer Nivel

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo Sísmico a Corte kPa	Esfuerzo Admisible vadm=25kPa
	e m	L m	A trib. m ²	Peso kN		
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M1X	0.70	2.97	20.14	644.48	86.8	Inadecuado
M2X	0.70	2.65	14.33	458.56	69.2	Inadecuado
M3X	0.70	3.52	17.90	572.80	65.1	Inadecuado
M4X	0.70	1.60	10.03	320.96	80.2	Inadecuado
M5X	0.70	0.50	2.56	81.92	65.5	Inadecuado
M6X	0.70	0.83	3.12	99.84	48.1	Inadecuado
M7X	0.70	2.56	14.33	458.56	71.7	Inadecuado
M8X	0.70	4.30	26.07	834.24	77.6	Inadecuado
M9X	0.70	2.32	16.74	535.68	92.4	Inadecuado
M10X	0.70	2.60	12.27	392.64	60.4	Inadecuado
M11X	0.70	2.98	10.71	342.72	46.0	Inadecuado
M12X	0.70	2.60	15.93	509.76	78.4	Inadecuado
M13X	0.70	2.46	17.24	551.68	89.7	Inadecuado
M14X	0.70	1.04	4.77	152.64	58.7	Inadecuado
M15X	0.70	1.11	4.84	154.88	55.8	Inadecuado
M16X	0.70	2.69	15.62	499.84	74.3	Inadecuado
M17X	0.70	5.90	19.04	609.28	41.3	Inadecuado
M18X	0.70	2.33	6.94	222.08	38.1	Inadecuado
M24X	0.70	5.68	23.61	755.52	53.2	Inadecuado
M25X	0.70	2.06	18.09	578.88	112.4	Inadecuado
M26X	0.70	2.05	20.02	640.64	125.0	Inadecuado
M27X	0.70	0.90	8.82	282.24	125.4	Inadecuado
M28X	0.70	0.98	9.64	308.48	125.9	Inadecuado
M29X	0.70	0.68	8.67	277.44	163.2	Inadecuado
M30X	0.70	2.59	8.84	282.88	43.7	Inadecuado
M31X	0.70	1.04	4.79	153.28	59.0	Inadecuado
M32X	0.70	1.89	9.87	315.84	66.8	Inadecuado
M33X	0.70	6.33	41.40	1324.80	83.7	Inadecuado
M34X	0.70	1.73	16.20	518.40	119.9	Inadecuado
M35X	0.70	5.46	31.18	997.76	73.1	Inadecuado
M36X	0.70	2.78	10.21	326.72	47.0	Inadecuado
M37X	0.70	2.83	9.65	308.80	43.6	Inadecuado
M38X	0.70	1.11	6.73	215.36	77.6	Inadecuado
M39X	0.70	1.67	14.02	448.64	107.5	Inadecuado

M40X	0.70	2.44	14.80	473.60	77.6	Inadecuado
M41X	0.70	1.75	13.69	438.08	100.1	Inadecuado
M42X	0.70	1.65	10.47	335.04	81.2	Inadecuado
M43X	0.70	2.13	11.88	380.16	71.4	Inadecuado
M44X	0.70	2.12	8.47	271.04	51.1	Inadecuado
M46X	0.55	5.16	18.85	603.20	59.5	Inadecuado
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M5Y	0.70	1.27	3.00	96.00	30.2	Inadecuado
M6Y	0.70	4.04	8.89	284.48	28.2	Inadecuado
M7Y	0.70	5.94	13.15	420.80	28.3	Inadecuado
M9Y	0.70	1.56	10.03	320.96	82.3	Inadecuado
M10Y	0.70	1.73	10.59	338.88	78.4	Inadecuado
M11Y	0.70	1.73	10.75	344.00	79.5	Inadecuado
M12Y	0.70	3.49	18.66	597.12	68.4	Inadecuado
M13Y	0.70	1.75	13.09	418.88	95.7	Inadecuado
M14Y	0.70	1.25	9.51	304.32	97.4	Inadecuado
M15Y	0.70	0.99	11.88	380.16	153.6	Inadecuado
M16Y	0.70	1.00	12.50	400.00	160.0	Inadecuado
M17Y	0.70	3.62	17.83	570.56	63.0	Inadecuado
M18Y	0.70	1.75	8.98	287.36	65.7	Inadecuado
M19Y	0.70	1.76	8.23	263.36	59.9	Inadecuado
M20Y	0.70	2.10	17.65	564.80	107.6	Inadecuado
M21Y	0.70	4.63	21.27	680.64	58.8	Inadecuado
M22Y	0.70	4.48	12.21	390.72	34.9	Inadecuado
M23Y	0.70	2.87	22.19	710.08	99.0	Inadecuado
M24Y	0.70	2.93	19.00	608.00	83.0	Inadecuado
M25Y	0.70	2.75	17.08	546.56	79.5	Inadecuado
M26Y	0.70	2.41	14.41	461.12	76.5	Inadecuado
M42Y	0.70	1.47	6.46	206.72	56.3	Inadecuado
M43Y	0.70	1.50	6.62	211.84	56.5	Inadecuado
M44Y	0.70	2.63	15.19	486.08	73.9	Inadecuado
M45Y	0.70	1.88	10.82	346.24	73.7	Inadecuado
M46Y	0.70	0.60	8.63	276.16	184.1	Inadecuado
M47Y	0.70	1.22	13.91	445.12	145.9	Inadecuado

Tabla 22: Verificación de Muros portantes por corte Nuestra Señora de La Merced - Segundo Nivel

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo Sísmico a Corte kPa	Esfuerzo Admisible vadm=25kPa
	e m	L m	A trib. m2	Peso kN		
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M1X	0.65	3.35	21.56	689.92	88.7	Inadecuado
M2X	0.65	2.44	13.14	420.48	74.2	Inadecuado
M3X	0.65	2.60	13.71	438.72	72.7	Inadecuado
M4X	0.65	2.72	14.33	458.56	72.6	Inadecuado
M5X	0.65	1.70	9.10	291.20	73.8	Inadecuado
M6X	0.65	1.62	8.85	283.20	75.3	Inadecuado
M7X	0.65	2.79	14.75	472.00	72.9	Inadecuado
M8X	0.65	4.50	24.94	798.08	76.4	Inadecuado
M9X	0.65	2.35	17.13	548.16	100.5	Inadecuado
M10X	0.65	3.80	15.33	490.56	55.6	Inadecuado
M11X	0.65	2.20	7.63	244.16	47.8	Inadecuado
M12X	0.65	3.47	19.61	627.52	77.9	Inadecuado
M13X	0.65	1.82	12.85	411.20	97.3	Inadecuado
M14X	0.65	1.58	11.05	353.60	96.4	Inadecuado
M15X	0.65	1.50	10.67	341.44	98.1	Inadecuado
M16X	0.70	2.38	14.30	457.60	76.9	Inadecuado
M17X	0.70	2.65	11.70	374.40	56.5	Inadecuado
M18X	0.70	3.32	15.00	480.00	57.8	Inadecuado
M26X	0.65	2.25	17.94	574.08	109.9	Inadecuado
M27X	0.65	2.50	20.19	646.08	111.3	Inadecuado
M28X	0.65	1.05	8.86	283.52	116.3	Inadecuado
M29X	0.65	1.80	9.25	296.00	70.8	Inadecuado
M30X	0.65	2.38	19.16	613.12	111.0	Inadecuado
M31X	0.65	2.40	8.05	257.60	46.2	Inadecuado
M32X	0.65	2.55	12.05	385.60	65.1	Inadecuado
M35X	0.65	3.70	20.80	665.60	77.5	Inadecuado
M36X	0.65	3.75	21.50	688.00	79.0	Inadecuado
M37X	0.65	2.85	12.60	403.20	60.9	Inadecuado
M38X	0.65	2.81	9.80	313.60	48.1	Inadecuado
M39X	0.65	1.08	6.73	215.36	85.9	Inadecuado
M40X	0.65	1.67	13.92	445.44	114.9	Inadecuado
M45X	0.65	1.62	10.65	340.80	90.6	Inadecuado
M46X	0.65	2.20	11.94	382.08	74.8	Inadecuado
M47X	0.65	2.21	8.08	258.56	50.4	Inadecuado
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M10Y	0.65	1.78	10.31	329.92	79.8	Inadecuado
M11Y	0.65	1.72	10.50	336.00	84.2	Inadecuado
M12Y	0.65	1.87	11.53	368.96	85.0	Inadecuado
M13Y	0.65	1.45	13.77	440.64	130.9	Inadecuado
M14Y	0.70	3.15	21.00	672.00	85.3	Inadecuado
M15Y	0.70	3.85	12.20	390.40	40.6	Inadecuado
M16Y	0.65	1.73	10.23	327.36	81.5	Inadecuado
M17Y	0.65	1.73	9.70	310.40	77.3	Inadecuado
M18Y	0.65	1.85	12.88	412.16	96.0	Inadecuado
M19Y	0.65	1.23	9.48	303.36	106.2	Inadecuado

M20Y	0.65	3.16	22.49	719.68	98.1	Inadecuado
M21Y	0.70	3.07	18.40	588.80	76.7	Inadecuado
M22Y	0.65	2.75	16.64	532.48	83.4	Inadecuado
M23Y	0.65	1.10	11.83	378.56	148.2	Inadecuado
M24Y	0.65	1.14	11.67	373.44	141.1	Inadecuado
M25Y	0.65	2.90	15.50	496.00	73.7	Inadecuado
M26Y	0.70	2.96	15.28	488.96	66.1	Inadecuado
M27Y	0.65	1.83	10.32	330.24	77.7	Inadecuado
M28Y	0.65	1.86	10.00	320.00	74.1	Inadecuado
M29Y	0.65	1.50	9.10	291.20	83.6	Inadecuado
M30Y	0.65	2.65	10.86	347.52	56.5	Inadecuado
M35Y	0.65	2.96	14.78	472.96	68.8	Inadecuado
M36Y	0.65	1.05	11.21	358.72	147.2	Inadecuado
M40Y	0.65	1.60	8.04	257.28	69.3	Inadecuado
M43Y	0.70	1.55	6.66	213.12	55.0	Inadecuado
M44Y	0.70	0.95	5.77	184.64	77.7	Inadecuado
M45Y	0.65	1.56	8.89	284.48	78.6	Inadecuado
M46Y	0.65	1.50	8.84	282.88	81.2	Inadecuado
M48Y	0.70	1.50	6.63	212.16	56.6	Inadecuado
M49Y	0.70	0.95	8.58	274.56	115.6	Inadecuado
M50Y	0.65	3.20	15.20	486.40	65.5	Inadecuado
M51Y	0.65	3.15	15.50	496.00	67.8	Inadecuado
M52Y	0.70	2.60	15.10	483.20	74.3	Inadecuado
M53Y	0.70	0.67	8.33	266.56	159.1	Inadecuado
M54Y	0.70	0.83	10.60	339.20	163.5	Inadecuado

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

Aplicación al caso Juan Clemente Vergel – Ex 91

Tabla 23: Verificación de Muros portantes por corte Juan Clemente Vergel

Identificación de muro	Parámetros de Verificación				Esfuerzo	Esfuerzo
	e	L	A trib.	Peso	Sísmico a Corte	Admisible
	m	m	m ²	kN	kPa	vadm=25kPa
Análisis de muros en el sentido paralelo a la fachada principal (Eje "X")						
M1X	0.70	3.44	25.86	413.76	48.1	Inadecuado
M2X	0.70	1.31	9.23	147.68	45.1	Inadecuado
M3X	0.70	2.13	19.53	312.48	58.7	Inadecuado
M4X	0.70	2.44	19.88	318.08	52.1	Inadecuado
M5X	0.70	2.42	19.60	313.60	51.8	Inadecuado
M6X	0.70	3.53	20.73	331.68	37.6	Inadecuado
M7X	0.70	3.49	34.11	545.76	62.6	Inadecuado
M8X	0.70	3.55	34.68	554.88	62.5	Inadecuado
M9X	0.70	4.87	41.08	657.28	54.0	Inadecuado
M10X	0.70	2.39	12.21	195.36	32.7	Inadecuado
M11X	0.45	7.65	43.45	695.20	56.5	Inadecuado
M15X	0.70	0.90	8.97	143.52	63.8	Inadecuado
M16X	0.70	1.10	13.15	210.40	76.5	Inadecuado
M17X	0.70	0.97	13.61	217.76	89.8	Inadecuado
M18X	0.70	1.25	11.10	177.60	56.8	Inadecuado
M19X	0.70	1.93	24.76	396.16	82.1	Inadecuado
M20X	0.70	1.96	27.71	443.36	90.5	Inadecuado
M21X	0.70	1.88	27.08	433.28	92.2	Inadecuado
M22X	0.70	2.00	25.81	412.96	82.6	Inadecuado
M23X	0.70	1.34	18.53	296.48	88.5	Inadecuado
M24X	0.70	4.63	54.14	866.24	74.8	Inadecuado
M25X	0.70	1.77	19.40	310.40	70.1	Inadecuado
M26X	0.80	3.96	48.90	782.40	69.2	Inadecuado
Análisis de muros en el sentido perpendicular a la fachada principal (Eje "Y")						
M13Y	0.70	2.60	16.58	265.28	40.8	Inadecuado
M14Y	0.70	3.77	35.72	571.52	60.6	Inadecuado
M15Y	0.70	1.59	12.59	201.44	50.7	Inadecuado
M16Y	0.70	1.30	12.07	193.12	59.4	Inadecuado
M17Y	0.70	0.97	12.15	194.40	80.2	Inadecuado
M18Y	0.70	1.31	14.46	231.36	70.6	Inadecuado
M19Y	0.70	2.30	26.14	418.24	72.7	Inadecuado
M20Y	0.70	1.68	31.90	510.40	121.5	Inadecuado
M21Y	0.70	1.65	27.11	433.76	105.2	Inadecuado
M22Y	0.70	1.30	31.57	505.12	155.4	Inadecuado
M23Y	0.70	1.37	23.85	381.60	111.4	Inadecuado
M24Y	0.70	1.14	13.69	219.04	76.9	Inadecuado
M25Y	0.70	1.42	15.28	244.48	68.9	Inadecuado
M26Y	0.70	3.03	32.54	520.64	68.7	Inadecuado
M27Y	0.70	2.39	33.04	528.64	88.5	Inadecuado
M28Y	0.70	1.32	17.79	284.64	86.3	Inadecuado
M29Y	0.70	1.34	17.48	279.68	83.5	Inadecuado

M30Y	0.70	3.92	31.11	497.76	50.8	Inadecuado
M31Y	0.70	2.48	34.08	545.28	87.9	Inadecuado
M32Y	0.70	1.73	23.86	381.76	88.3	Inadecuado
M33Y	0.70	3.03	31.57	505.12	66.7	Inadecuado

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

3.7.6. VERIFICACIÓN DE MUROS AL VOLTEO

A continuación se presentan los resultados elaborados en Excel de la verificación de muros al volteo.

Aplicación al caso Nuestra Señora de La Merced

Tabla 24: Verificación de Muros por volteo Nuestra Señora de la Merced

Estabilidad de los muros al volteo											
Peso volumétrico del muro = 16 kN/m ³					Z = 0.35						
Muro	Identific. de muro	a<b			Lados Arriostrados	Factores		Valor	M. Actuante	Mresist	Resultado
		a	b	t		P	C1	m	0.8ZC1mPa ²	6,667t ²	Ma/Mr
		m	m	m		kN/m ²	adim.	adim.	kN-m/m	kN-m/m	Adim.
Prime Nivel											
Tabique	T19x	1.55	3.40	0.70	2	11.2	2	0.125	1.88	3.27	Estable
Tabique	T20x	0.45	3.40	0.70	2	11.2	2	0.125	0.16	3.27	Estable
Tabique	T21x	1.74	2.30	0.65	2	10.4	2	0.125	2.20	2.82	Estable
Tabique	T22x	2.25	2.30	0.40	2	6.4	2	0.125	2.27	1.07	Inestable
Tabique	T23y	2.65	5.65	0.70	3	11.2	2	0.133	5.87	3.27	Inestable
Tabique	T45x	3.35	6.29	0.70	3	11.2	2	0.132	9.28	3.27	Inestable
Tabique	T1y	2.25	2.80	0.70	2	11.2	2	0.125	3.97	3.27	Inestable
Tabique	T2y	1.95	2.80	0.70	2	11.2	2	0.125	2.98	3.27	Estable
Tabique	T3y	2.35	2.80	0.70	2	11.2	2	0.125	4.33	3.27	Inestable
Tabique	T4y	1.98	2.80	0.70	2	11.2	2	0.125	3.07	3.27	Estable
Tabique	T8y	2.70	5.20	0.70	3	11.2	2	0.133	6.06	3.27	Inestable
Tabique	T27y	2.83	3.35	0.70	1	11.2	2	0.500	25.12	3.27	Inestable
Tabique	T28y	1.70	3.35	0.70	2	11.2	2	0.125	2.27	3.27	Estable

Tabique	T29y	1.60	3.35	0.70	2	11.2	2	0.125	2.01	3.27	Estable
Tabique	T30y	3.70	5.10	0.35	2	5.6	2	0.125	5.37	0.82	Inestable
Tabique	T31y	3.70	5.05	0.55	3	8.8	2	0.122	8.23	2.02	Inestable
Tabique	T32y	3.70	5.00	0.55	3	8.8	2	0.122	8.20	2.02	Inestable
Tabique	T33y	1.92	2.40	0.70	2	11.2	2	0.125	2.89	3.27	Estable
Tabique	T34y	1.88	2.40	0.70	2	11.2	2	0.125	2.77	3.27	Estable
Tabique	T35y	0.93	3.15	0.70	2	11.2	2	0.125	0.68	3.27	Estable
Tabique	T36y	0.85	3.15	0.70	2	11.2	2	0.125	0.57	3.27	Estable
Tabique	T37y	2.57	3.05	0.70	3	11.2	2	0.116	4.82	3.27	Inestable
Tabique	T38y	1.12	3.15	0.70	2	11.2	2	0.125	0.98	3.27	Estable
Tabique	T39y	1.18	3.15	0.70	2	11.2	2	0.125	1.09	3.27	Estable
Tabique	T40y	1.80	3.15	0.70	2	11.2	2	0.125	2.54	3.27	Estable
Tabique	T41y	3.30	3.48	0.35	3	5.6	2	0.111	3.80	0.82	Inestable
Segundo Nivel											
Tabique	T19x	2.30	2.65	0.70	2	11.2	2	0.125	4.15	3.27	Inestable
Tabique	T20x	2.40	2.65	0.70	2	11.2	2	0.125	4.52	3.27	Inestable
Tabique	T21x	1.03	2.00	0.30	1	4.8	2	0.500	1.43	0.60	Inestable
Tabique	T22x	0.93	2.00	0.30	1	4.8	2	0.500	1.16	0.60	Inestable
Tabique	T25x	2.05	5.70	0.65	3	10.4	2	0.133	3.26	2.82	Inestable
Tabique	T33x	1.80	2.95	0.65	2	10.4	2	0.125	2.36	2.82	Estable
Tabique	T34x	2.95	2.95	0.65	2	10.4	2	0.125	6.34	2.82	Inestable
Tabique	T41x	1.65	2.95	0.65	2	10.4	2	0.125	1.98	2.82	Estable
Tabique	T42x	1.65	2.95	0.65	2	10.4	2	0.125	1.98	2.82	Estable
Tabique	T43x	1.15	2.95	0.30	1	4.8	2	0.500	1.78	0.60	Inestable
Tabique	T44x	1.00	2.95	0.30	1	4.8	2	0.500	1.34	0.60	Inestable
Tabique	T48x	1.80	2.20	0.30	2	4.8	2	0.125	1.09	0.60	Inestable

Tabique	T49x	1.83	2.20	0.30	2	4.8	2	0.125	1.13	0.60	Inestable
Tabique	T50x	3.00	6.28	0.65	3	10.4	2	0.133	6.99	2.82	Inestable
Tabique	T1y	2.40	2.54	0.65	2	10.4	2	0.125	4.19	2.82	Inestable
Tabique	T2y	2.22	2.40	0.65	2	10.4	2	0.125	3.59	2.82	Inestable
Tabique	T3y	1.82	2.40	0.65	2	10.4	2	0.125	2.41	2.82	Estable
Tabique	T4y	2.40	2.90	0.65	2	10.4	2	0.125	4.19	2.82	Inestable
Tabique	T5y	2.26	3.15	0.65	2	10.4	2	0.125	3.72	2.82	Inestable
Tabique	T6y	2.28	3.15	0.65	2	10.4	2	0.125	3.78	2.82	Inestable
Tabique	T7y	1.90	3.00	0.65	2	10.4	2	0.125	2.63	2.82	Estable
Tabique	T8y	2.98	3.00	0.65	2	10.4	2	0.125	6.46	2.82	Inestable
Tabique	T9y	3.00	5.93	0.70	2	11.2	2	0.125	7.06	3.27	Inestable
Tabique	T31y	2.87	3.00	0.30	2	4.8	2	0.125	2.77	0.60	Inestable
Tabique	T32y	2.35	2.95	0.60	2	9.6	2	0.125	3.71	2.40	Inestable
Tabique	T33y	2.14	2.95	0.50	2	8.0	2	0.125	2.56	1.67	Inestable
Tabique	T34y	2.95	5.78	0.70	3	11.2	2	0.133	7.26	3.27	Inestable
Tabique	T37y	1.87	3.00	0.30	2	4.8	2	0.125	1.17	0.60	Inestable
Tabique	T38y	2.30	2.95	0.60	2	9.6	2	0.125	3.55	2.40	Inestable
Tabique	T39y	2.88	2.95	0.50	2	8.0	2	0.125	4.64	1.67	Inestable
Tabique	T42y	1.40	2.95	0.30	2	4.8	2	0.125	0.66	0.60	Inestable
Tabique	T47y	1.43	2.95	0.30	2	4.8	2	0.125	0.69	0.60	Inestable

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004.

Aplicación al caso Juan Clemente Vergel – Ex 91

Tabla 25: Verificación de Muros por volteo Juan Clemente Vergel

Estabilidad de los muros al volteo											
Peso volumétrico del muro = 16			kN/m3			Z = 0.35					
Muro	Identific. de muro	a<b			Lados Arriostrados	Factores		Valor	M. Actuante	Mresist	Resultado
		a	b	t		P	C1	m	0.8ZC1mPa2	6,667t2	Ma/Mr
		m	m	m		kN/m2	adim.	adim.	kN-m/m	kN-m/m	Adim.
Eje X											
Tabique	T12X	1.88	4.85	0.50	2	8.0	2	0.125	1.98	1.67	Inestable
Tabique	T13X	1.66	4.85	0.50	2	8.0	2	0.125	1.54	1.67	Estable
Tabique	T14X	5.84	4.80	0.45	3	7.2	2	0.099	13.59	1.35	Inestable
Tabique	T27X	2.67	5.50	0.70	1	11.2	2	0.500	22.36	3.27	Inestable
Tabique	T28X	1.25	5.50	0.70	3	11.2	2	0.133	1.31	3.27	Estable
Tabique	T29X	5.50	10.78	0.65	3	10.4	2	0.133	23.45	2.82	Inestable
Tabique	T30X	5.50	10.78	0.65	3	10.4	2	0.133	23.45	2.82	Inestable
Tabique	T31X	5.50	10.78	0.65	3	10.4	2	0.133	23.45	2.82	Inestable
Tabique	T32X	5.50	10.78	0.65	3	10.4	2	0.133	23.45	2.82	Inestable
Eje Y											
Tabique	T1Y	4.85	5.18	0.65	3	10.4	2	0.112	15.30	2.82	Inestable
Tabique	T2Y	4.85	5.84	0.65	3	10.4	2	0.117	16.01	2.82	Inestable
Tabique	T3Y	3.38	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	8.32	2.82	Inestable
Tabique	T4Y	0.43	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	0.13	2.82	Estable
Tabique	T5Y	1.45	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	1.53	2.82	Estable

Tabique	T6Y	2.63	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	5.04	2.82	Inestable
Tabique	T7Y	3.28	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	7.83	2.82	Inestable
Tabique	T8Y	0.46	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	0.15	2.82	Estable
Tabique	T9Y	1.44	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	1.51	2.82	Estable
Tabique	T10Y	2.54	5.25	0.65	2	10.4	2	0.125	4.70	2.82	Inestable
Tabique	T11Y	4.80	5.17	0.65	3	10.4	2	0.112	15.04	2.82	Inestable
Tabique	T12Y	4.80	5.70	0.65	3	10.4	2	0.116	15.61	2.82	Inestable

Fuente: Adaptado de Fichas de Reporte de Adobe - Pucp, 2004).

3.7.7. VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES

Con los datos obtenidos, usando la metodología explicada y de acuerdo a las tablas 9 y 10 se determinó la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.

Aplicación al caso Nuestra Señora de La Merced

Tabla 26: Calificación de Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica - Señora de la Merced

Factores influyentes para la vulnerabilidad sísmica Vulnerabilidad – Nuestra Señora de La Merced					
Estructural			No estructural		
Densidad		Estado actual de la Edificación		Tabiquería	
Adecuada		Buena calidad		Todos estables	
Aceptable		Regular calidad	x	Algunos estables	x
Inadecuada	x	Mala calidad		Todos inestables	

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior (Tabla 26), aplicando la ecuación (6) y verificando los rangos en la tabla 10 tenemos que la vulnerabilidad sísmica en la edificación de Adobe correspondiente a Nuestra Señora de la Merced es Alta.

Tabla 27: Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de La edificación de adobe Nuestra Señora de la Merced

Calificación Edificación Nuestra Señora de La merced
Vulnerabilidad sísmica
Alta

Fuente: Elaboración propia

Del Mismo Modo realizamos el análisis para el caso de la Institución Educativa Juan Clemente Vergel - Ex 91

Aplicación al caso Juan Clemente Vergel

Tabla 28: Calificación de Parámetros de Vulnerabilidad Sísmica de la Institución Educativa Juan Clemente Vergel – Ex 91

Factores influyentes para la vulnerabilidad sísmica Vulnerabilidad – Juan Clemente Vergel – Ex 91					
Estructural			No estructural		
Densidad		Estado actual de la Edificación		Tabiquería	
Adecuada		Buena calidad		Todos estables	
Aceptable		Regular calidad	x	Algunos estables	x
Inadecuada	x	Mala calidad		Todos inestables	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Calificación de la Vulnerabilidad Sísmica de La edificación de adobe Juan Clemente Vergel – Ex 91

Calificación Edificación Juan Clemente Vergel – Ex 91
Vulnerabilidad sísmica
Alta

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La evaluación de edificaciones antiguas con importancia histórica en la Ciudad de Cajamarca se torna difícil debido a la poca información que se tiene de su construcción y de los materiales que lo componen, además, debido a su antigüedad y a la importancia que representan para el patrimonio histórico es difícil realizar estudios. A pesar de ello se ha realizado ensayos a compresión de las muestras de adobe de la Institución educativa Nuestra Señora de La Merced, mostrándonos las características propias del adobe de la edificaciones de más de 70 años de antigüedad, estos resultados se muestran en la tabla 15 y de manera más detallada y completa se muestran en el Anexo I, la resistencia máxima a la compresión fue de 5.645 Kg/cm² valor muy por debajo a la mínima indicada por la norma, valor que nos da una idea de la calidad del material de la principal estructura de la edificación.

Tabla 30: Comparación Entre la Resistencia máxima encontrada con la mínima según la Norma E.080 (2017)

Resistencia Máxima promedio a Compresión de las Muestras (Kg/cm²)	Resistencia Mínima indicada por la norma (Kg/cm²)
5.645	10.2
55.34 % por debajo de lo indicado en la Norma Actual referente al Adobe	

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la primera etapa del estudio de vulnerabilidad, tal como se muestra en el capítulo 3.7.3, indicamos las características generales y un diagnóstico de las edificaciones analizadas, que a pesar de los continuos mantenimientos que se ha realizado, éstas continúan presentando problemas.

Para el caso de la institución Nuestra Señora de La Merced se observa deterioro en las principales unidades de madera, apolillamiento y pandeo en vigas, esto debido a la antigüedad, falta de mantenimiento sobre este material y al exceso de carga en algunos ambientes que actualmente son utilizados como almacenes. Así mismo el humedecimiento existente en los muros debido a las constantes lluvias en la región y la pérdida de verticalidad de algunos muros han debilitado su capacidad estructural aumentando la vulnerabilidad ante sollicitaciones sísmicas, por otro lado, la edificación al presentar dos niveles, no contar con una viga collar, estar ubicado en una zona de alta actividad sísmica y no presentar refuerzos que permita controlar el tamaño de las grietas, presentará un comportamiento frágil con un sistema flexible y de gran masa, generando el colapso de forma muy rápida provocando grandes daños.

En el caso de La edificación Juan Clemente Vergel - Ex 91 presenta tímpanos de gran tamaño y sin ningún refuerzo, por lo que ante fuerzas sísmicas se generará grietas en su base y hasta el colapso de la misma, provocando más daños en la edificación y en sus ocupantes. Además, a pesar de ser una edificación de un solo nivel, esta presenta muros esbeltos de más de 4.5 m de altura, perjudicando la verticalidad de sus muros. Añadido a esto, los trabajos de remodelación realizados, tales como la habilitación de nuevos niveles en algunos ambientes perjudicarán la capacidad estructural de los muros portantes, aumentando la vulnerabilidad de la edificación.

4.1. DENSIDAD DE MUROS

Al realizar el análisis por densidad de muros se obtuvieron los resultados mostrados en las tablas 19 y 20. 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 realizando una comparación con la densidad mínima estipulada en la (Norma E.080, 2017), éstas no cumplen.

De la misma manera para la edificación Juan Clemente Vergel Ex 91 la densidad de muros es inadecuada en ambos sentidos, con un valor más bajo en su eje perpendicular a la fachada (eje "Y"). Por lo que estos datos reflejarían y darían una idea de la vulnerabilidad sísmica que presentará la edificación.

4.2. VERIFICACIÓN DE MUROS A CORTE

Al evaluar los muros portantes de la edificación Nuestra Señora de la Merced (tablas 21, 22) se observa que los valores de los esfuerzos sísmicos a corte en los muros de ambas direcciones (Eje X y Y) son altos, siendo estos mucho mayores al Esfuerzo Admisible de 0.25 kg/cm^2 o 25 KPa , indicado en la Norma E.080 (2017), cabe indicar que se tiene valores de hasta seis veces lo permitido según el reglamento, por lo que ante un eventual movimiento sísmico considerable los daños serían irreparables, poniendo en riesgo la vida de los estudiantes y docentes así como la pérdida del patrimonio.

Además observamos que el eje "Y" es el que tiene valores más desfavorables, debido a que presenta menor densidad de muros, lo mismo ocurre para los 2 niveles (tabla 31).

Tabla 31: Resumen de resultados referente a densidad de muros y esfuerzos sísmicos a corte en muros portantes – Nuestra Señora de la Merced.

EJE	DENSIDAD DE MUROS	ESFUERZO SÍSMICO A CORTE
PRIMER NIVEL		
EJE X	69.2	INADECUADO
EJE Y	44.4	INADECUADO
SEGUNDO NIVEL		
EJE X	54.8	INADECUADO
EJE Y	46.2	INADECUADO

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo el mismo análisis y aplicándolo a la institución educativa Juan Clemente Vergel – Ex 91, podemos observar que los muros portantes son inadecuados (tabla 23), y a pesar de presentar valores menores a los calculados en la edificación anterior, éstos no cumplen ya que al realizar las comparaciones con el valor máximo admisible, siguen siendo mucho mayores.

Se puede observar que el eje “Y” presenta los valores más desfavorables a esfuerzos a corte, ya que igual que en el caso anterior este también presenta la menor densidad de muros.

Tabla 32: Resumen de resultados referentes a densidad de muros y esfuerzos sísmicos a corte en muros portantes – Juan Clemente Vergel - Ex 91

EJE	DENSIDAD DE MUROS	ESFUERZO SÍSMICO A CORTE
PRIMER NIVEL		
EJE X	37.7	INADECUADO
EJE Y	29.2	INADECUADO

Fuente: Elaboración propia

4.3. VERIFICACIÓN DE MUROS AL VOLTEO

Continuando con la metodología, se han realizado las comparaciones entre Momentos actuantes y resistentes de los muros no portantes frente a cargas perpendiculares, observamos los resultados de dicho análisis para ambas edificaciones en las tablas 24, 25.

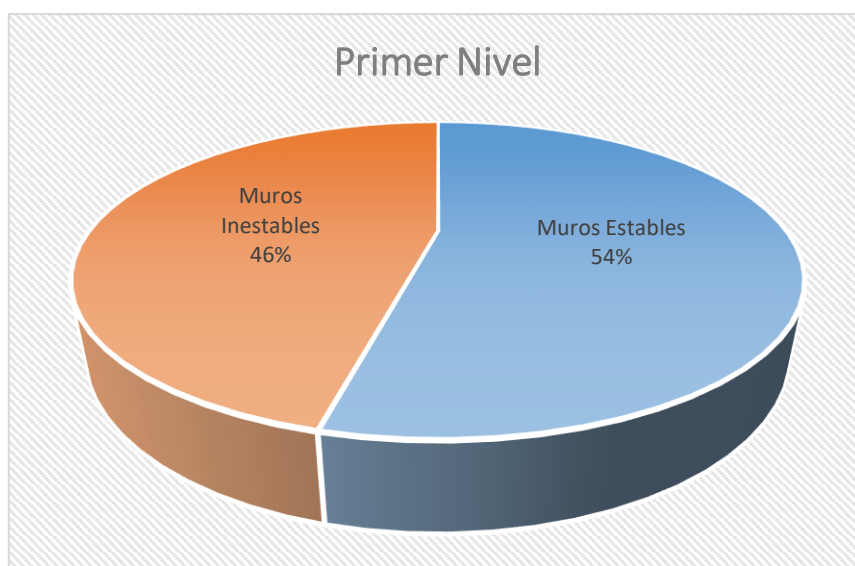
Para el caso de la edificación Nuestra Señora de La merced a pesar de que la mayoría de muros son estables en el primer nivel la diferencia es mínima como se presenta en la figura 37, teniendo gran cantidad de muros inestables, caso contrario ocurre en el segundo nivel donde la gran mayoría son muros inestables, esto debido al inadecuado arriostramiento, además, a pesar del mantenimiento que se le da a la edificación, existe una preocupación sobre el actual estado estructural, que según los datos obtenidos estos podrían poner en peligro la seguridad de sus ocupantes.

Tabla 33: Resumen de verificación de muros al volteo – Nuestra Señora de la Merced

	Muros Analizados	Muros Inestables	Muros Estables
primer Nivel	26	12	14
Segundo Nivel	32	27	5

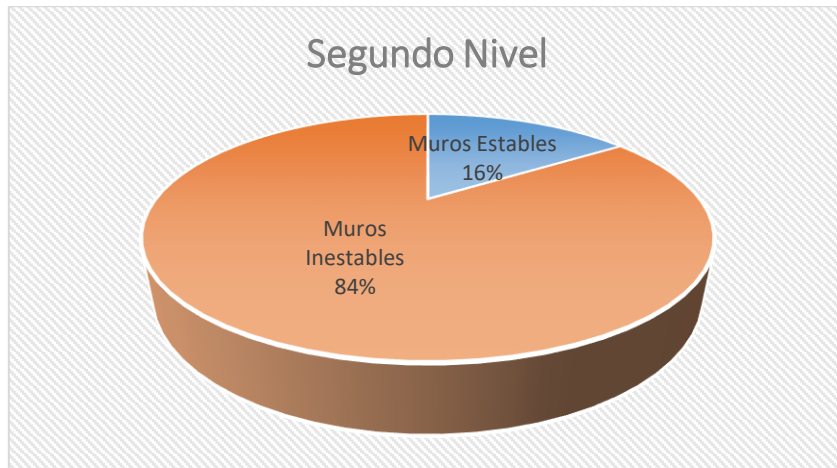
Fuente: Elaboración propia

Figura 37: Estabilidad de muros no portantes en la edificación Nuestra Señora de la Merced – Primer nivel



Fuente: Elaboración propia

Figura 38: Estabilidad de muros no portantes en la edificación Nuestra Señora de la Merced – Segundo nivel



Fuente: Elaboración propia

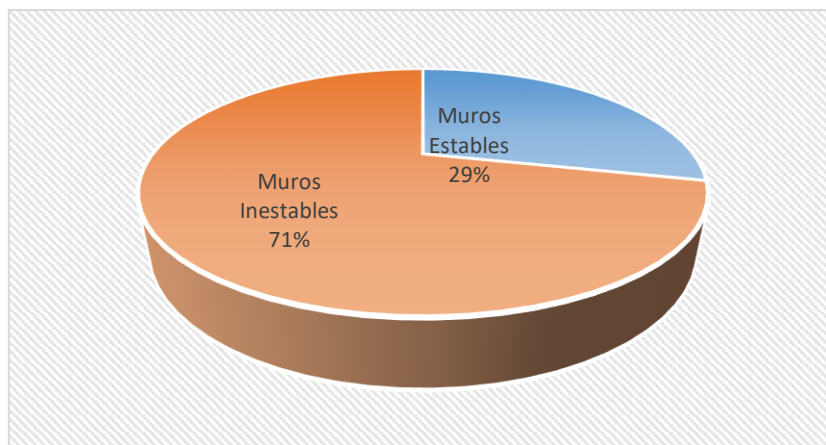
En el caso de la Edificación Juan Clemente Vergel – Ex 91 podemos observar que la comparación $M_a \leq M_r$ no cumple para la mayoría de muros, por lo que en su mayoría son muros no portantes inestables, en este caso el principal problema es la esbeltez y la falta de refuerzo en los muros, ya que al presentar muros de grandes dimensiones, la probabilidad de colapso aumentaría, y más aún al carecer refuerzos estructurales, por lo que también presentará gran riesgo ante fuerzas sísmicas moderadas.

Tabla 34: Resumen de verificación de muros al volteo – Juan Clemente Vergel

	Muros	Muros Estables	Muros Inestables
primer Nivel	21	6	15

Fuente: Elaboración propia

Figura 39: Estabilidad de muros no portantes en la edificación Juan Clemente Vergel – Ex 91



Fuente: Elaboración propia

4.4. VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS EDIFICACIONES

Tabla 35: Comparación general de la densidad de Muros.

Edificación de Adobe			Densidad de Muros		Densidad de muros requerida	Comparación	Densidad de muros (Norma E.080)	Comparación
Nuestra Señora de La Merced	Primer Nivel	Eje X	69.2	9.07%	273.5	INADECUADO	15%	NO CUMPLE
		Eje Y	44.4	5.81%	273.7	INADECUADO	15%	NO CUMPLE
	Segundo Nivel	Eje X	54.8	6.11%	321	INADECUADO	15%	NO CUMPLE
		Eje Y	46.2	5.16%	321	INADECUADO	15%	NO CUMPLE
Juan Clemente Vergel	Primer Nivel	Eje X	37.7	3.16%	213.7	INADECUADO	15%	NO CUMPLE
		Eje Y	29.2	2.44%	213.7	INADECUADO	15%	NO CUMPLE

Fuente: Elaboración propia

La tabla 35 muestra un resumen general de las edificaciones analizadas, muestra la inadecuada densidad de muros de cada edificación y realiza una comparación con el valor mínimo dispuestos por la (Norma E.080, 2017) “densidad mínima de 15% para edificaciones educativas de adobe”.

Tabla 36: Relación de la Vulnerabilidad Sísmica de las Edificaciones con sus parámetros analizados.

Edificación de Adobe	Densidad de Muros	Valor Núm. (Tabla 8)	Estado Actual de la Edificación	Valor Núm. (Tabla 8)	Inestabilidad de Muros no Portantes	Valor Núm. (Tabla 8)	Vulnerabilidad Sísmica	
Nuestra Señora de la Merced	INADECUADO	3	REGULAR	2	Muros Inestables	2	2.6	ALTA
Juan Clemente Vergel	INADECUADO	3	REGULAR	2	Muros Inestables	2	2.6	ALTA

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 36 se resume que, las Edificación Nuestra Señora de la Merced y Juan Clemente Vergel presentan una Vulnerabilidad sísmica alta. Esto debido a la combinación de parámetros tales como: Inadecuada densidad de muros, los cuales han sido verificados a esfuerzos de corte (con un grado de incidencia del 60 %), calidad y conservación regular (con un grado de incidencia del 30%) y además de presentar solo algunos de sus muros no portantes estables, único parámetro referente a la vulnerabilidad no estructural (con un grado de incidencia de 10%).

A partir del análisis realizado a las edificaciones antes mencionadas y siendo éstas las Instituciones Educativas Públicas de adobe ubicadas dentro del centro Histórico de Cajamarca, podemos afirmar que dichas edificaciones presentan una vulnerabilidad sísmica alta, reafirmando así lo indicado en la hipótesis. Siendo las edificaciones analizadas esenciales, podrían representar grandes pérdidas principalmente en vidas humanas y bienes materiales debido al valor histórico que representa para la ciudad de Cajamarca.

Los resultados obtenidos en esta investigación comparados con investigaciones similares, tal es el caso de Esquivel (2009) quien analizó monumentos históricos en la ciudad de cusco, y Díaz (2015) que realizó un análisis de la casona Espinach - Ex Local Municipal antiguo, mostraron resultados semejantes indicando que la vulnerabilidad de edificaciones monumentales de adobe presentan vulnerabilidad sísmica alta, debido al principal material estructural, al comportamiento sísmico que presenta y al estado actual de la edificación después de muchos años de servicio, por su parte Sturm (2008), quien realizó una investigación de la vulnerabilidad sísmica en edificaciones históricas en Valparaíso, concuerda con la importancia de presentar una adecuada densidad de muros en ambos ejes, indicando que es el parámetro fundamental para mantener conservada una edificación histórica frente a fuerzas sísmicas considerables.

Así mismo, estudios realizados por Tafur y Sarmiento (2006), quienes analizaron la Vulnerabilidad de Viviendas en la Ciudad de Cajamarca, indican que las edificaciones de adobe en Cajamarca presentan casi en su totalidad una vulnerabilidad sísmica alta (95.8%), esto debido a la falta de refuerzo, tales como viga collar, arriostres o alguna técnica que permita aumentar la resistencia lateral de este tipo de estructuras, resultados y características que refuerzan los estudios y conclusiones de esta investigación.

En la ciudad de Cajamarca existen muy pocas investigaciones, destinadas a edificaciones de adobe en el centro histórico y menos aún a Instituciones Educativas Públicas, las cuales son remodeladas y reforzadas solo a nivel superficial más no estructural, sumado a esto la cantidad enorme de edificaciones de adobe antiguas en la ciudad y a la poca información que se tendría para la elaboración de un plan de mitigación de desastres es que la ciudad sufriría importantes daños ante un evento sísmico considerable.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Las instituciones Educativas públicas de adobe Juan Clemente Vergel y Nuestra Señora de la Merced, ubicadas en el centro histórico de Cajamarca presentan una vulnerabilidad sísmica alta, a causa de su inadecuada densidad de muros, inestabilidad de muros no portantes y al regular estado actual de la edificación.
- La edificación Nuestra Señora de la Merced presenta una densidad de muros de 9.07% y 5.84% en su primer nivel y 6.11% y 5.16% en su segundo nivel tanto para el eje “X” como para el eje “Y” respectivamente, siendo en ambos casos inadecuado, así mismo al realizar la comparación con el valor mínimo dispuesto en la Norma E.080 (2017) “15% en sus ejes principales” estas no cumplen, mostrando valores muy bajos.
- La edificación Juan Clemente Vergel presenta una densidad de muros de 3.16% y 2.44%, en su eje “X” y “Y” respectivamente, valores muy bajos si se considera los requeridos y recomendados en la Norma E.080 (2017).
- Las edificaciones Nuestra Señora de la Merced y Juan Clemente Vergel presentan regular estado de conservación, esto debido a su antigüedad, calidad de su material, continuos trabajos de remodelación y otros factores antrópicos realizados, los cuales han perjudicado de alguna manera la estabilidad y resistencia de algunos muros, generando grietas, fisuras y desprendimientos.
- Se realizó el análisis de los muros no portantes ante cargas perpendiculares, verificándolos al volteo, en el caso de la edificación Nuestra Señora de la Merced la cantidad de muros no portantes inestables fue del 50% (en su primer nivel) y más del 80% (en el segundo). Para el caso de la edificación Juan Clemente Vergel, la edificación presentó más del 70% de muros no portantes inestables, resultados que aumentaron el nivel de vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.
- Se determinó la resistencia máxima a compresión, obteniendo un valor de 5.645 Kg/cm², valor muy por debajo del mínimo admisible según la Norma E.080 (2017) “10.2 Kg/cm²”, resultado que refleja la calidad del principal elemento estructural de las edificaciones.
- Ante un sismo considerable las Instituciones Educativas Públicas de adobe en el centro histórico de Cajamarca Juan Clemente Vergel Y Nuestra Señora de la Merced, sufrirán grandes daños con posible colapso, debido a la insuficiente área transversal,

inadecuada respuesta a fuerzas horizontales, inestabilidad en sus muros no portantes y a la falta de refuerzos en su principal elemento estructural.

- Puesto que las edificaciones analizadas presentan un sistema típico de edificaciones de adobe en la ciudad, es de esperarse que durante un sismo severo edificaciones antiguas de adobe con las mismas características, ubicadas en el centro histórico de Cajamarca sufran grandes daños.

RECOMENDACIONES

- Debido a la antigüedad y comportamiento estructural de las edificaciones de adobe, es necesario ampliar este tipo de investigaciones hacia Instituciones privadas y viviendas históricas de adobe. De esta manera se contaría con un mayor registro del estado de las Edificaciones Monumentales en el Centro Histórico de Cajamarca.
- Las edificaciones de adobe muestran un comportamiento frágil ante sollicitaciones sísmicas y en muchos casos requieren trabajos de restauración y refuerzo, sin embargo al ser consideradas monumentos históricos no se puede aplicar cualquier tipo de intervención, por lo que se recomienda continuar esta línea de investigación a fin de elaborar y crear planes para la recuperación, protección y reforzamiento según sea el caso de las principales edificaciones de adobe.
- Seguir con este tipo de investigaciones, puesto que existe gran cantidad de edificaciones monumentales de adobe sin evaluar, por lo cual es importante completar la base de datos y conocimientos generados en esta investigación.
- La Municipalidad Distrital de Cajamarca, el Instituto Nacional de cultura y la Facultad de Ingeniería de la UNC deben crear en conjunto registros y documentación técnica referente a investigaciones y proyectos profesionales aplicados a Monumentos históricos en el Centro de Cajamarca, a fin de facilitar y mejorar estudios y trabajos futuros aplicado a estas edificaciones.

REFERENCIAS

- AIS (Asociación colombiana de ingeniería sísmica, Colombia). (2005). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe. Bogotá, Colombia, Forec.
- Arteaga Mora, PA. (2016). Estudio de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y evaluación del índice de daño de una edificación perteneciente al patrimonio central edificado en la ciudad de Cuenca-Ecuador. Tesis de Posgrado. Cuenca, Ecuador, Universidad de Cuenca.
- Astorga Mendizábal, MA; Aguilar Velez, R. (2006). Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas. Tesis. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- ATP Programa de reconstrucción/ciudades sostenibles. (2008). Manual para el desarrollo de viviendas sismorresistentes. Kuroiwa, J. Lima, Perú, PNUD.
- Cardona Arboleda, OD. (1989). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica pre-evento. Trabajos sobre vulnerabilidad sísmica. Bogotá, Colombia, AIS.
- Cardona Arboleda, OD. (1990). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones y centros urbanos. Valle del cauca, Colombia, Universidad del Valle Cali.
- Díaz Quiroz, AY. (2015). Determinación de la vulnerabilidad sísmica de la casona Espinach - ex palacio municipal de la ciudad de Cajamarca. Tesis de Grado. Cajamarca, Perú, Universidad Privada del Norte.
- Esquivel Fernández, YW. (2009). Sistema de refuerzo estructural en monumentos históricos de la región de Cusco. Tesis Grado. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Estrada, IA. (2012). Apuntes de sismología - Catedra de Geofísica. Tucumán, Argentina, Universidad Nacional de Tucumán.
- González Herrera, R; Aguilar Carboney, J; Narcía López, C. (2004). Comportamiento de estructuras tradicionales de adobe en los temblores ocurridos en el sureste mexicano. Tesis de Grado. Chiapas, México, Universidad Autónoma de Chiapas.
- Gutiérrez Aliaga, IM; Manco Rivera, M. (2006). Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú, contribución a la enciclopedia mundial de vivienda. Tesis de Grado. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- IGP (Instituto geofísico del Perú). (Noviembre de 2016). Portal del igp. Obtenido de <http://www.igp.gob.pe/>
- INDECI (Instituto nacional de defensa civil). (2005). Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca, Perú, INDECI.

- INDECI (Instituto nacional de defensa civil). (2006). Compendio estadístico de prevención y atención de desastres. Lima: indeci.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2002). Reducción de desastres - Viviendo en armonía con la naturaleza. Lima, Perú, CAPECO.
- Kuroiwa Horiuchi, J. (2012). Gestión de riesgo de desastres en la región de Ica. Ica, Perú, Ministerio de Vivienda, Construcción Y Saneamiento.
- Kuroiwa, J.; Deza, H.; Jaén, H. (1973). Investigation on the Peruvian earthquake of May 31, 1970. Roma, Italia, 5th conference on earthquake engineering.
- Loayza Yañez, A.; Gómez Prado, W. (2014). Evaluación de la vulnerabilidad sísmica de Centros de Salud del distrito de Ayacucho. Tesis de Grado. Huancavelica, Perú Universidad Nacional de Huancavelica.
- Lozano Cortijo, O. (2008). Metodología para el análisis de vulnerabilidad y riesgo ante inundaciones y sismos de las edificaciones en centros urbanos. Cusco, Perú, PREDES.
- Marín Guillén, F. (2012). Evaluación del Riesgo Sísmico del Centro Histórico de la ciudad de Huánuco. Tesis de Posgrado. Lima, Perú, Universidad Nacional de Ingeniería.
- Maskrey, A.; Romero, G. (1986). Urbanización y vulnerabilidad sísmica en Lima metropolitana. Lima, Perú, PREDES.
- Mena Hernández, U. (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas. Tesis de Doctorado. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2006). Bienes Culturales Inmuebles y Zonas Monumentales. Norma A.140. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2014). Adobe. Norma E.080. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2014). Albañilería. Norma E.070. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2014). Fichas para la reparación de viviendas de adobe. Lima, Perú, Dirección Nacional de Construcción.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2016). Diseño Sismorresistente. Norma E.080. Lima, Perú.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Norma E.080. Lima, Perú.

- Morales Morales, R; Yamashiro Kamimoto, R; Sánchez Olano, A. (s.f.). Investigación experimental de construcciones de adobe y bloque estabilizado. Lima, Perú, CISMID.
- Mosqueira Moreno, MA; Tarque Ruiz, SN. (2005). Recomendaciones técnicas para mejorar la seguridad sísmica de viviendas de albañilería confinada de la costa peruana. Tesis de posgrado. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Municipalidad de Cajamarca. (2016). Sub gerencia de gestión del centro histórico. Obtenido de <http://www.municaj.gob.pe>
- Muñoz Pelaez, JA; Tinman Behar, M. (2001). El sismo de Arequipa del 2001 y la vulnerabilidad de las edificaciones peruanas. Lima, Perú, PUCP
- Peralta Buriticá, HA. (2002). Escenario de vulnerabilidad y de daño sísmico de las edificaciones de mampostería de uno y dos pisos en el barrio San Antonio, Cali, Colombia. Valle del cauca. Tesis de Grado. Cali, Colombia, Universidad del Valle.
- PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú). Fichas de reporte de Edificaciones de Adobe. (2004). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- PREDES. (Noviembre de 2016). Centro de estudios y prevención de desastres. Obtenido de <http://www.predes.org.pe/>
- Pytel, A; Singer, F. (1994). Resistencia de materiales. Versión español. Ciudad de México, México, Harla.
- Quispe Acosta, JA; Rondón Durán, SM. (2012). Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe. Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de Yauyos. Tesis de Grado. Lima, Perú pontificia universidad católica del Perú.
- San bartolomé Ramos , A. (s.f.). Estado del arte en el reforzamiento de las viviendas de adobe. Lima, Perú, PUCP.
- Sauter, FF. (1996). Redefining terms in the field of seismic safety and risk mitigation. Earthquake engineering research institute: vol. 12, 315-326.
- Sturm Moreira, T. (2008). Valparaíso: su patrimonio histórico y los sismos. Chile. Tesis de Grado. Santiago de Chile, Chile, Universidad de Chile.
- Tejada Schmidt, U. (2001). Buena tierra - apuntes para el diseño y construcción con adobe, consideraciones sismorresistentes. Lima, Perú, CIDAP.
- Tafur Sarmiento, EJ; Narro de los Rios, VH. (2006) Estudio de la Vulnerabilidad de Viviendas en la Ciudad de Cajamarca. Tesis de Grado. Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca.

- Universidad de Costa Rica - Programa de Ingeniería Sísmica. (1999). Evaluación del impacto ingenieril de un terremoto en la península de Nicoya. Santana, G. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica.
- Velarde Abugattas, GK. (2014). Análisis de vulnerabilidad sísmica de viviendas de dos pisos de adobe existente en Lima. Tesis de Grado. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Yuste Miguel, B. (2012). Arquitectura de tierra, Caracterización de los tipos Edificatorios. Barcelona, España, Universidad Politécnica de Cataluña.
- Zelaya Jara, VA. (2007). Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres. Tesis de Posgrado. Lima, Perú, Universidad Nacional Federico Villareal.

ANEXOS

ANEXO I. ENSAYOS A COMPRESION DE MUESTRAS DE ADOBE

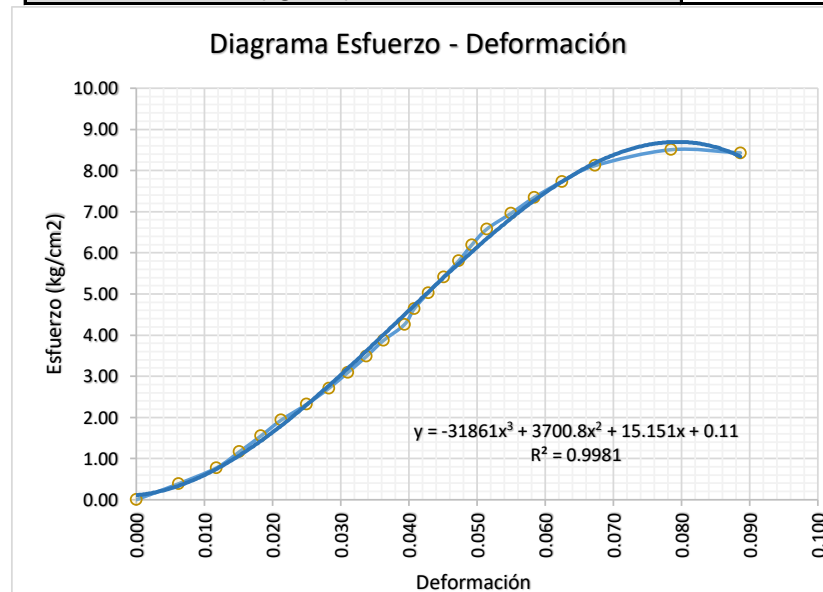
Muestra	1		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.74	0.39	0.006
100	1.41	0.77	0.012
150	1.81	1.16	0.015
200	2.19	1.55	0.018
250	2.55	1.93	0.021
300	3.00	2.32	0.025
350	3.39	2.70	0.028
400	3.73	3.09	0.031
450	4.05	3.48	0.034
500	4.35	3.86	0.036
550	4.72	4.25	0.039
600	4.90	4.64	0.041
650	5.14	5.02	0.043
700	5.41	5.41	0.045
750	5.68	5.80	0.047
800	5.91	6.18	0.049
850	6.17	6.57	0.051
900	6.60	6.96	0.055
950	7.01	7.34	0.058
1000	7.50	7.73	0.063
1050	8.08	8.11	0.067
1100	9.42	8.50	0.079
1090	10.64	8.42	0.089

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	12.30	11.30
Ancho	10.20	11.80
Area (cm2)	125.46	133.34
Area Prom.	129.40	
Alto	12.00	

$$E = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0.000050}$$

Módulo de elasticidad gráficamente (E2 kg/cm²). (ASTM C 469)

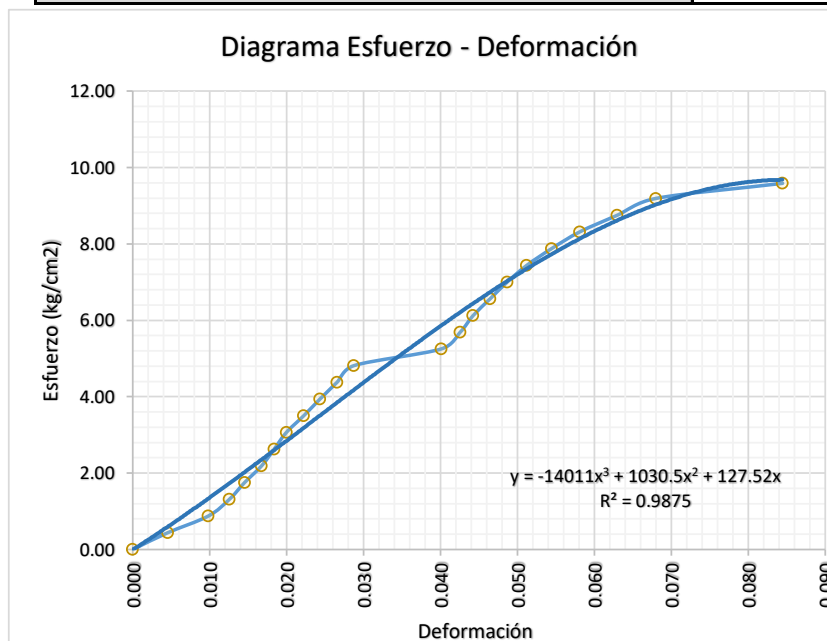
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm2)	8.50
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm2)	3.4003
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm2)	0.00828
Deformación al 40% de compresion	0.0324
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm2)	104.8541



Muestra	2		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.47	0.44	0.005
100	1.02	0.88	0.010
150	1.31	1.31	0.013
200	1.51	1.75	0.015
250	1.74	2.19	0.017
300	1.91	2.63	0.018
350	2.08	3.06	0.020
400	2.31	3.50	0.022
450	2.53	3.94	0.024
500	2.76	4.38	0.027
550	2.99	4.81	0.029
600	4.17	5.25	0.040
650	4.43	5.69	0.043
700	4.60	6.13	0.044
750	4.83	6.56	0.046
800	5.06	7.00	0.049
850	5.33	7.44	0.051
900	5.66	7.88	0.054
950	6.04	8.31	0.058
1000	6.55	8.75	0.063
1050	7.07	9.19	0.068
1095	8.78	9.58	0.084

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	11.70	10.60
Ancho	10.20	10.30
Area (cm2)	119.34	109.18
Area Prom.	114.26	
Alto	10.40	

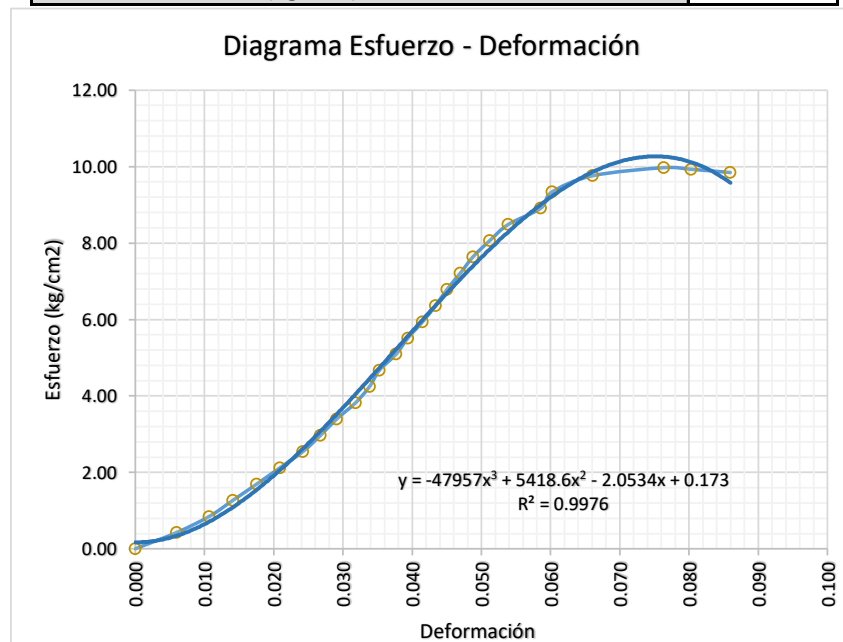
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm2)	9.58
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm2)	3.8334
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm2)	0.00637
Deformación al 40% de compresion	0.0264
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm2)	145.2369



Muestra	3		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.59	0.42	0.006
100	1.06	0.85	0.011
150	1.40	1.27	0.014
200	1.74	1.70	0.018
250	2.07	2.12	0.021
300	2.40	2.55	0.024
350	2.65	2.97	0.027
400	2.88	3.39	0.029
450	3.15	3.82	0.032
500	3.35	4.24	0.034
550	3.49	4.67	0.035
600	3.73	5.09	0.038
650	3.90	5.52	0.039
700	4.11	5.94	0.042
750	4.30	6.37	0.043
800	4.46	6.79	0.045
850	4.65	7.21	0.047
900	4.83	7.64	0.049
950	5.07	8.06	0.051
1000	5.34	8.49	0.054
1050	5.80	8.91	0.059
1100	5.96	9.34	0.060
1150	6.54	9.76	0.066
1175	7.56	9.97	0.076
1170	7.95	9.93	0.080
1160	8.51	9.85	0.086

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	10.50	11.40
Ancho	10.50	11.00
Area (cm2)	110.25	125.40
Area Prom.	117.83	
Alto	9.90	

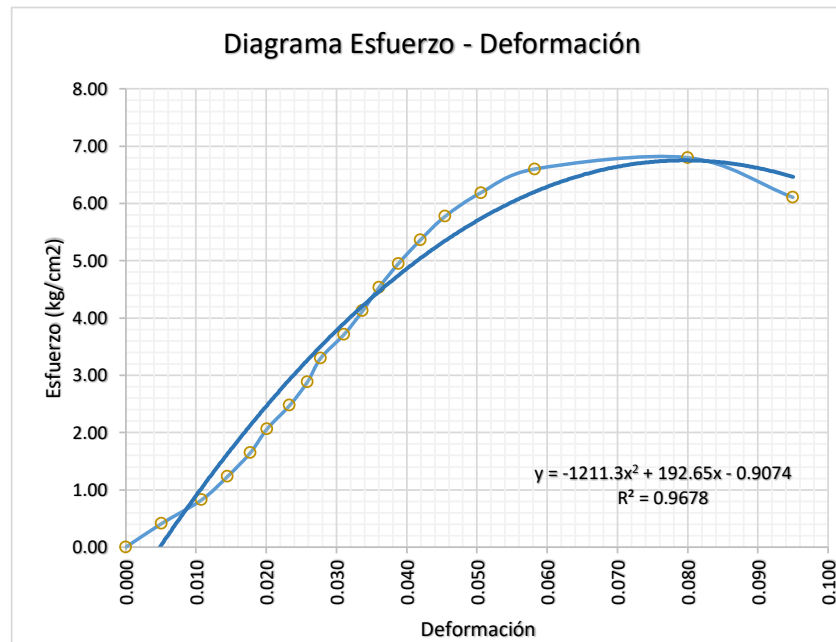
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm2)	9.97
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm2)	3.9890
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm2)	0.1729
Deformación al 40% de compresion	0.0315
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm2)	121.3376



Muestra	4		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.52	0.41	0.005
100	1.10	0.82	0.011
150	1.48	1.24	0.015
200	1.81	1.65	0.018
250	2.05	2.06	0.020
300	2.38	2.47	0.023
350	2.64	2.89	0.026
400	2.83	3.30	0.028
450	3.17	3.71	0.031
500	3.44	4.12	0.034
550	3.68	4.54	0.036
600	3.96	4.95	0.039
650	4.28	5.36	0.042
700	4.64	5.77	0.045
750	5.16	6.19	0.051
800	5.94	6.60	0.058
824	8.16	6.80	0.080
740	9.69	6.10	0.095

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	11.20	10.40
Ancho	10.60	11.90
Area (cm ²)	118.72	123.76
Area Prom.	121.24	
Alto	10.20	

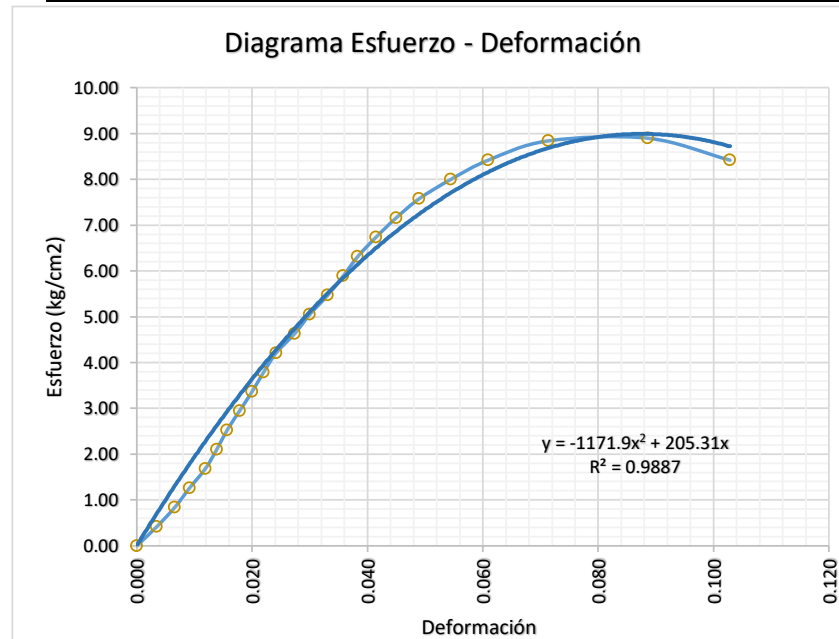
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	6.80
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	2.7186
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	-0.89
Deformación al 40% de compresion	0.021814
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	165.8048



Muestra	5		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.37	0.42	0.003
100	0.70	0.84	0.007
150	0.97	1.26	0.009
200	1.26	1.68	0.012
250	1.47	2.10	0.014
300	1.66	2.53	0.016
350	1.89	2.95	0.018
400	2.12	3.37	0.020
450	2.33	3.79	0.022
500	2.56	4.21	0.024
550	2.90	4.63	0.027
600	3.18	5.05	0.030
650	3.51	5.47	0.033
700	3.80	5.89	0.036
750	4.06	6.31	0.038
800	4.40	6.74	0.041
850	4.77	7.16	0.045
900	5.19	7.58	0.049
950	5.77	8.00	0.054
1000	6.46	8.42	0.061
1050	7.56	8.84	0.071
1057	9.39	8.90	0.089
1000	10.90	8.42	0.103

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	11.30	11.00
Ancho	10.80	10.50
Area (cm ²)	122.04	115.50
Area Prom.	118.77	
Alto	10.60	

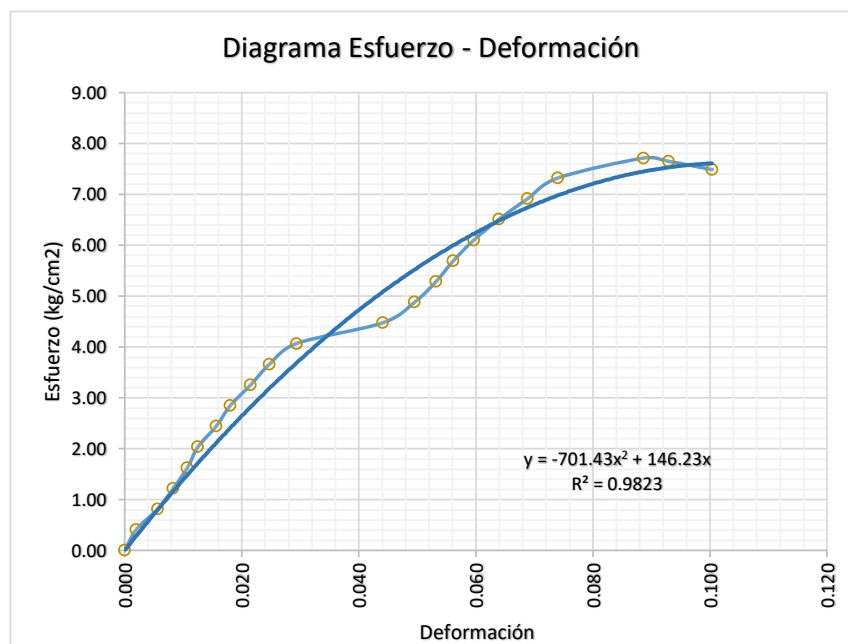
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	8.90
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	3.5598
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	0.01026
Deformación al 40% de compresion	0.0195
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	182.4967



Muestra	6		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.22	0.41	0.002
100	0.63	0.81	0.006
150	0.93	1.22	0.008
200	1.2	1.63	0.011
250	1.4	2.03	0.013
300	1.75	2.44	0.016
350	2.02	2.85	0.018
400	2.41	3.25	0.022
450	2.77	3.66	0.025
500	3.29	4.07	0.029
550	4.94	4.47	0.044
600	5.55	4.88	0.050
650	5.96	5.29	0.053
700	6.29	5.69	0.056
750	6.68	6.10	0.060
800	7.16	6.51	0.064
850	7.71	6.91	0.069
900	8.29	7.32	0.074
948	9.93	7.71	0.089
940	10.41	7.65	0.093
920	11.24	7.48	0.100

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	11.50	10.40
Ancho	10.80	11.70
Area (cm ²)	124.20	121.68
Area Prom.	122.94	
Alto	11.20	

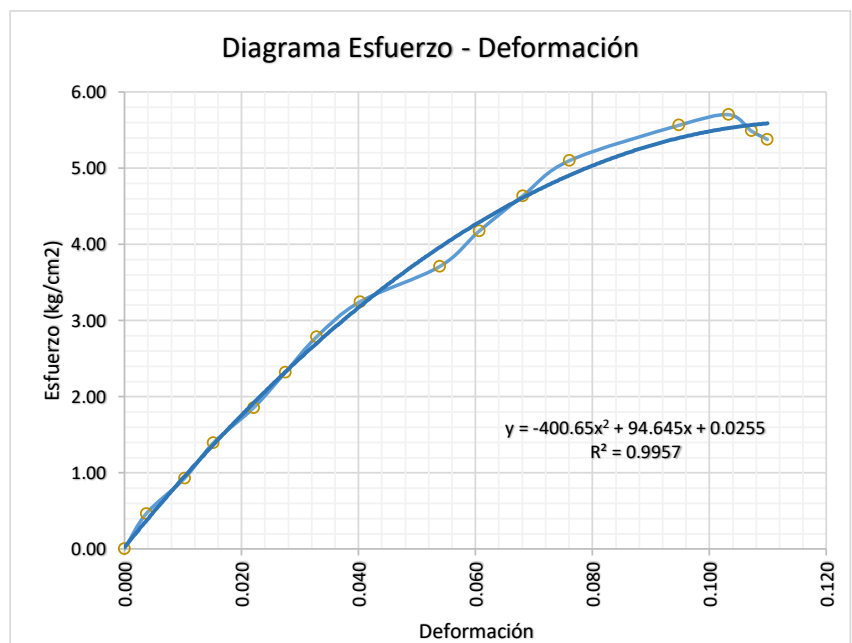
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	7.71
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	3.0844
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	0.00731
Deformación al 40% de compresion	0.023816
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	129.4758



Muestra	7		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.41	0.46	0.004
100	1.13	0.93	0.010
150	1.67	1.39	0.015
200	2.43	1.85	0.022
250	3.03	2.32	0.028
300	3.61	2.78	0.033
350	4.43	3.24	0.040
400	5.93	3.71	0.054
450	6.67	4.17	0.061
500	7.49	4.63	0.068
550	8.37	5.10	0.076
600	10.43	5.56	0.095
615	11.36	5.70	0.103
592	11.79	5.49	0.107
580	12.09	5.38	0.110

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	9.70	10.10
Ancho	11.00	10.80
Area (cm ²)	106.70	109.08
Area Prom.	107.89	
Alto	11.00	

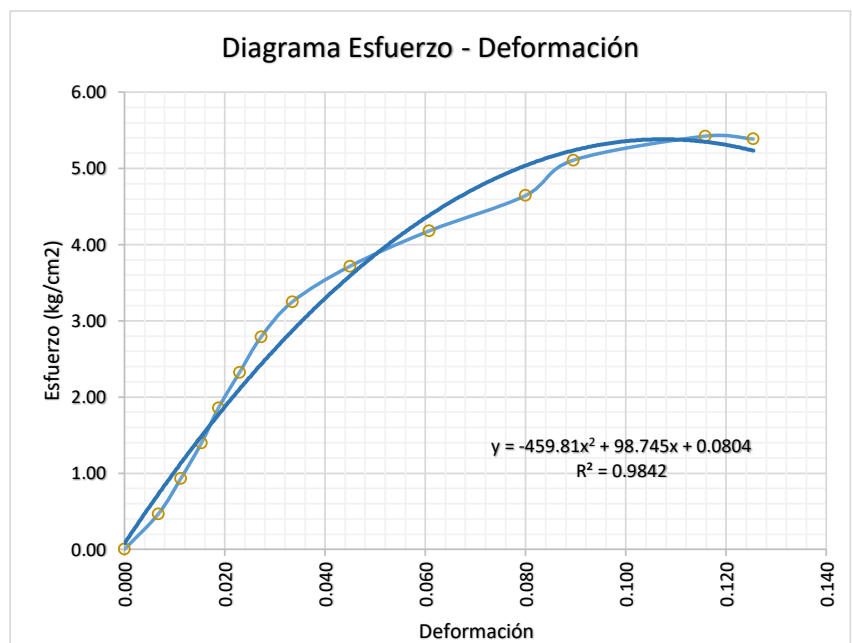
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	5.70
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	2.2801
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	0.0302
Deformación al 40% de compresion	0.0268
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	84.1084



Muestra	8		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm2)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.71	0.46	0.007
100	1.18	0.93	0.011
150	1.61	1.39	0.015
200	1.97	1.86	0.019
250	2.41	2.32	0.023
300	2.86	2.78	0.027
350	3.52	3.25	0.034
400	4.72	3.71	0.045
450	6.38	4.18	0.061
500	8.40	4.64	0.080
550	9.40	5.10	0.090
584	12.16	5.42	0.116
580	13.17	5.38	0.125

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	9.70	11.10
Ancho	10.20	10.50
Area (cm2)	98.94	116.55
Area Prom.	107.75	
Alto	10.50	

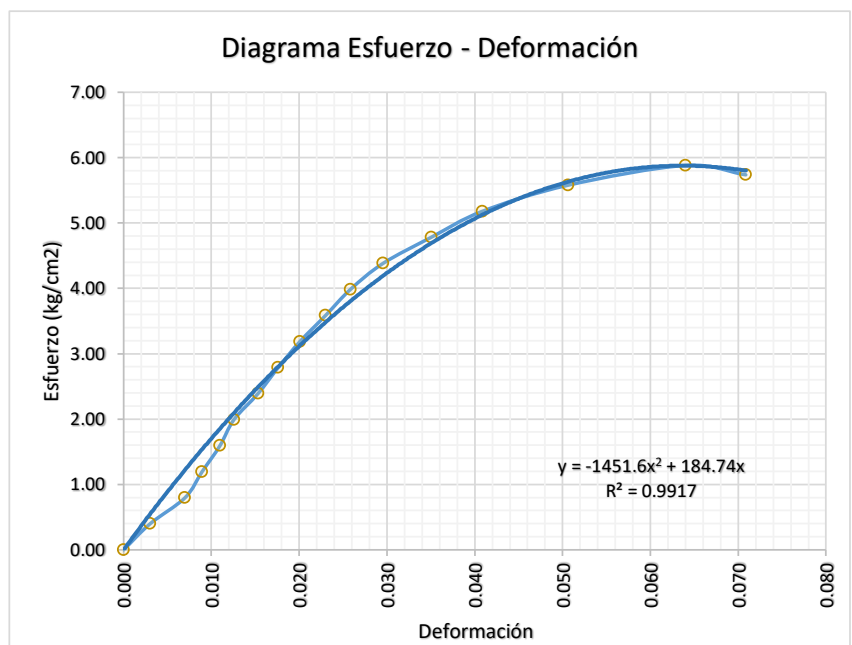
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm2)	5.42
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm2)	2.1681
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm2)	0.0853
Deformación al 40% de compresion	0.02377
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm2)	87.8070



Muestra	9		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
50	0.34	0.40	0.003
100	0.79	0.80	0.007
150	1.01	1.20	0.009
200	1.24	1.59	0.011
250	1.42	1.99	0.013
300	1.73	2.39	0.015
350	1.99	2.79	0.018
400	2.27	3.19	0.020
450	2.6	3.59	0.023
500	2.92	3.98	0.026
550	3.34	4.38	0.030
600	3.96	4.78	0.035
650	4.62	5.18	0.041
700	5.72	5.58	0.051
738	7.23	5.88	0.064
720	8.01	5.74	0.071

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	11.80	11.00
Ancho	11.20	10.80
Area (cm ²)	132.16	118.80
Area Prom.	125.48	
Alto	11.30	

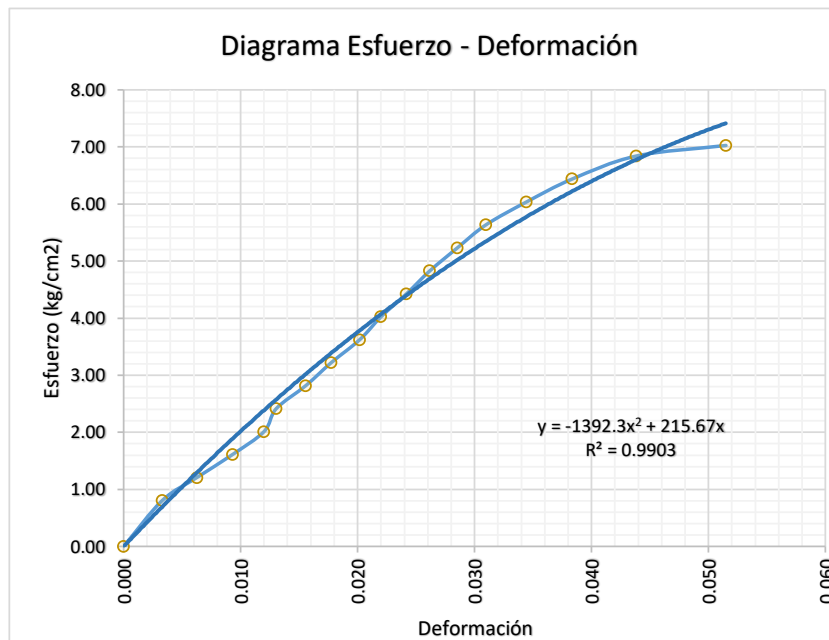
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	5.88
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	2.3526
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	0.00923
Deformación al 40% de compresion	0.01435
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	163.8697



Muestra	10		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0	0.00	0.000
100	0.38	0.80	0.003
150	0.72	1.21	0.006
200	1.07	1.61	0.009
250	1.38	2.01	0.012
300	1.5	2.41	0.013
350	1.79	2.82	0.016
400	2.04	3.22	0.018
450	2.32	3.62	0.020
500	2.53	4.02	0.022
550	2.78	4.43	0.024
600	3.01	4.83	0.026
650	3.28	5.23	0.029
700	3.56	5.63	0.031
750	3.96	6.04	0.034
800	4.41	6.44	0.038
850	5.04	6.84	0.044
873	5.92	7.03	0.051

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	10.30	10.40
Ancho	11.50	12.50
Area (cm ²)	118.45	130.00
Area Prom.	124.23	
Alto	11.50	

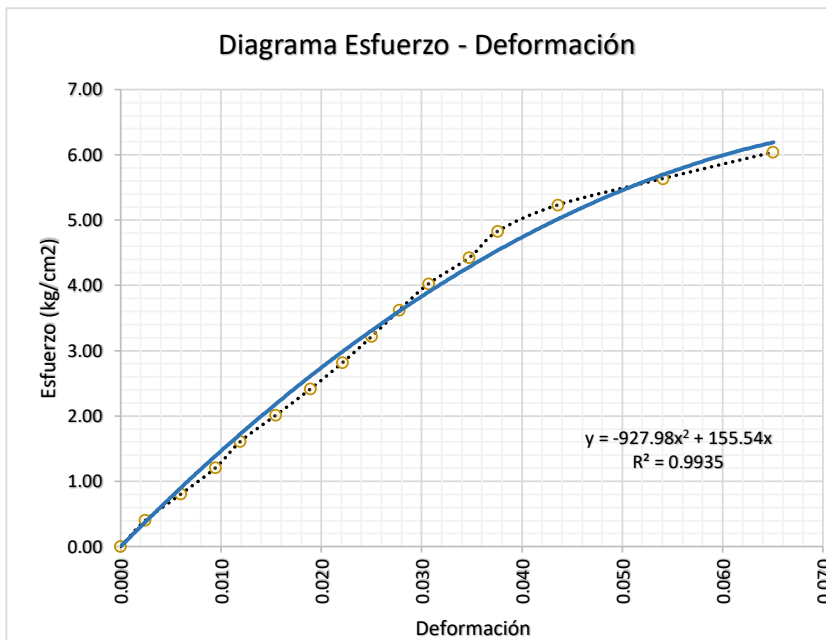
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	7.03
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	2.8110
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	0.01078
Deformación al 40% de compresion	0.01436
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	195.6847



Muestra	11		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0.00	0.00	0.000
50	0.28	0.40	0.002
100	0.68	0.80	0.006
150	1.07	1.21	0.009
200	1.35	1.61	0.012
250	1.75	2.01	0.015
300	2.14	2.4150	0.019
350	2.50	2.82	0.022
400	2.83	3.22	0.025
450	3.14	3.62	0.028
500	3.47	4.02	0.031
550	3.93	4.43	0.035
600	4.25	4.83	0.038
650	4.93	5.23	0.044
700	6.11	5.63	0.054
750	7.35	6.04	0.065

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	10.30	10.40
Ancho	11.50	12.50
Area (cm ²)	118.45	130.00
Area Prom.	124.23	
Alto	11.30	

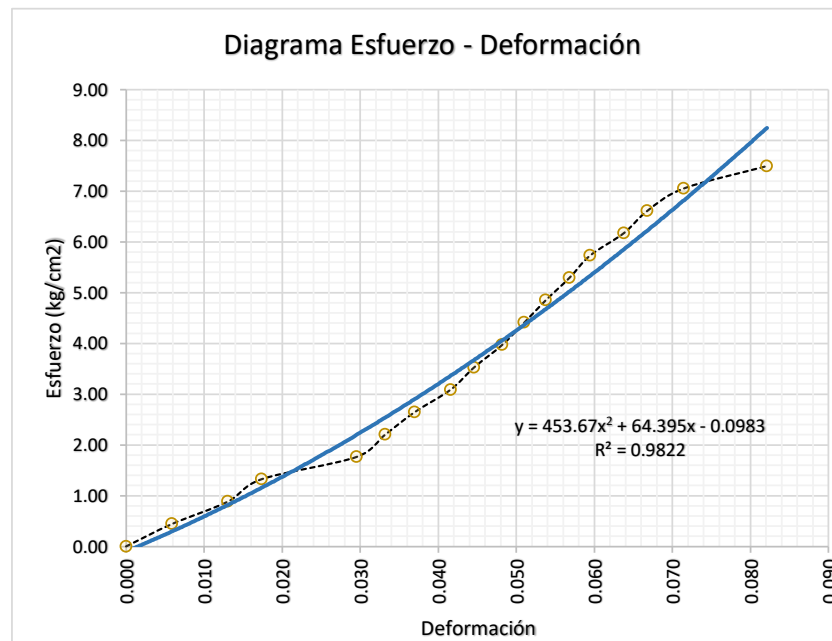
Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	6.04
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	2.4150
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	0.00777
Deformación al 40% de compresion	0.0173
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	139.5480



Muestra	12		
Carga (kg)	Deformación (mm)	Esfuerzo (Kg/cm ²)	Deformación Unit. (cm)
0	0.00	0.00	0.00
50	0.64	0.44	0.01
100	1.42	0.88	0.01
150	1.89	1.32	0.02
200	3.22	1.76	0.03
250	3.62	2.20	0.03
300	4.03	2.65	0.04
350	4.53	3.09	0.04
400	4.86	3.53	0.04
450	5.25	3.97	0.05
500	5.56	4.41	0.05
550	5.86	4.85	0.05
600	6.19	5.29	0.06
650	6.48	5.73	0.06
700	6.95	6.17	0.06
750	7.28	6.61	0.07
800	7.79	7.05	0.07
850	8.95	7.49	0.08

Dimensiones		
Cara	A	B
Largo	10.60	10.50
Ancho	10.90	10.60
Area (cm ²)	115.54	111.30
Area Prom.	113.42	
Alto	10.90	

Módulo de Elasticidad	
Esfuerzo a la Compresión máxima (kg/cm ²)	7.49
S2 Esfuerzo al 40% de compresión (kg/cm ²)	2.9977
S1 Esfuerzo para una deformación "0.00005" (kg/cm ²)	-0.0983
Deformación al 40% de compresion	0.038
Deformación Base unitaria	0.00005
Modulo de elasticidad (Kg/cm ²)	81.5812



ANEXO II. DIAGNOSTICO DE LAS EDIFICACIONES DE ESTUDIO

FICHA DE REPORTE APLICACIÓN COLEGIO NUESTRA SEÑORA DE LA MERCED

Tipo de sistema estructural:

ANTECEDENTES

Departamento : Cajamarca Provincia : Cajamarca

Distrito : Cajamarca Dirección : Jr. Junín Nº 570

Dirección técnica en el diseño: Ninguna

Pisos construidos: 2 Pisos proyectados: 2 Antigüedad de la viv. 80 años

Peligros naturales potenciales que afectan la vivienda: Los peligros más significativos en la institución educativa

La Merced son los sismos moderados y severos que puedan ocurrir además de las intensas lluvias en algunos meses del año, las cuales pueden debilitar las estructuras de la edificación.

Topografía y geotécnia: Presenta una topografía con pendiente baja donde presenta un suelo de tipo gravoso y arcilloso.

Estado de la edificación: La institución educativa Nuestra señora de la Merced presenta un Estado de conservación

regular, ya que a pesar de los trabajos de mantenimiento y remodelación que se han realizado a lo largo de sus años de servicio se puede observar deterioro en la mayoría de vigas de madera sobretodo en el primer nivel, así como filtraciones y goteras en algunos salones, especialmente los del segundo nivel. Además se observa algunas fisuras por punzonamiento en los encuentros de vigas y muros de adobe, esto debido a la falta de elementos de conexión.

ASPECTOS TÉCNICOS

Elementos de la edificación:

Elementos	Características
Cimientos	Cimentación ciclópea aparentemente en buen estado.
Muros	Conformado por adobes de 65 cm x 40 cm x 10 cm, juntas de 1.5 cm @ 2 cm y revestimiento de yeso.
Techo	Presenta un sistema típico de techado con cobertura de teja Andina Eternit sobre vigas de madera de eucalipto en el primer y segundo nivel de la institución.
Vigas	Vigas de madera de eucalipto rolizo de 5" sobre muro y en dinteles.
Otros	Tímpanos de adobe que varían entre 0.80 m a 1.50 m de altura

Deficiencias de la estructura:

PROBLEMAS DE UBICACIÓN	PROBLEMAS ESTRUCTURALES
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Densidad de muros inadecuada
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo no consolidado	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin viga solera de madera o concreto
<input type="checkbox"/> Edificación con asentamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo
<input type="checkbox"/> Edificación en pendiente	<input type="checkbox"/> Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Dinteles con reducida longitud de apoyo
Edificación de 2 niveles ubicada en una zona de alta actividad sísmica (Zona 3)	<input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada
	<input type="checkbox"/> Torsión en planta
PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS	Vivienda sin junta sísmica
<input type="checkbox"/> Muros expuestos a lluvia	<input checked="" type="checkbox"/> Otros:
<input type="checkbox"/> Juntas de construcción mal ubicadas	
<input checked="" type="checkbox"/> Combinación de ladrillo con adobe o tapial en muros	MANO DE OBRA
<input checked="" type="checkbox"/> Unión muro techo no monolítica	<input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala
<input type="checkbox"/> Muros inadecuados para soportar empuje lateral	Otros
<input checked="" type="checkbox"/> Unidades de adobe o tapial de baja calidad	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	
Desprendimiento de tarrajeo, vigas deterioradas o apollilladas y pandeadas debido a exceso de cargas en el segundo nivel y antigüedad de edificación.	

PELIGROS NATURALES POTENCIALES

<input checked="" type="checkbox"/> Sismos	<input checked="" type="checkbox"/> Lluvia	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Huayco	<input type="checkbox"/> Viento	
<input type="checkbox"/> Deslizamiento	<input type="checkbox"/> Inundación	

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

La humedad presente en la parte superior de algunos muros, además de las filtraciones en algunas aulas puede modificar las propiedades de los materiales que componen esta edificación, debilitando sus capacidades estructurales.

Los elementos de madera como vigas y puertas presentan deterioro ya sea por apollillamiento o por la antigüedad de los materiales. Además de ello se observa que la edificación no presenta ningún tipo de refuerzo en sus elementos estructurales.

Factores influyentes para la vulnerabilidad sísmica				
Vulnerabilidad				
Estructural			No estructural	
Densidad	Estado Actual de las edificaciones		Tabiquería	
Adecuada	Buena calidad		Todos estables	
Aceptable	Regular calidad	X	Algunos estables	X
Inadecuada	Mala calidad		Todos inestables	
Vulnerabilidad			Alta	

Calificación

Vulnerabilidad sísmico
Alta

Diagnóstico:

La edificación Nuestra Señora de la merced presenta mayor densidad de muros en el eje paralelo a su fachada, Eje X , sin embargo esta es inadecuada y muy por debajo de la densidad de muros requerida según la propuesta de las fichas de reporte, Además realizando las comparaciones con los requisitos de la norma actual E.080, la densidad de muros no cumple con la mínima. Adicionalmente a esto, observamos que los muros portantes en ambas direcciones son inadecuadas en toda la edificación.

El humedecimiento en los muros de adobe se debe a las constantes lluvias en la región que a pesar de los sistemas de drenaje en las edificaciones estos se filtran en muros y techos debilitando su capacidad estructural.

Debido a la antigüedad de la edificación y a pesar de los trabajos de mantenimiento en la institución, se observa un deterioro en las estructuras de madera, donde en su mayoría presenta vigas apollilladas perjudicando la durabilidad de la construcción.

A razón de esto es que la edificación de adobe Nuestra Señora de la Merced presenta una vulnerabilidad sísmica alta, por lo que estará propensa a fuerzas horizontales (sismos) sufriendo grandes daños en toda su estructura

Recomendaciones

La vivienda podría reforzarse, con malla electrosoldada, internamente y externamente, para aumentar la resistencia de algunos muros.

Estado Actual de la Edificación



Filtración de agua en muros



Desprendimiento sobre dinteles



Cobertura de la edificación



Uso de materiales incompatibles en algunos ambientes



Deterioro de algunos ambientes de la Edificación



Muro posterior de la edificación en mal estado



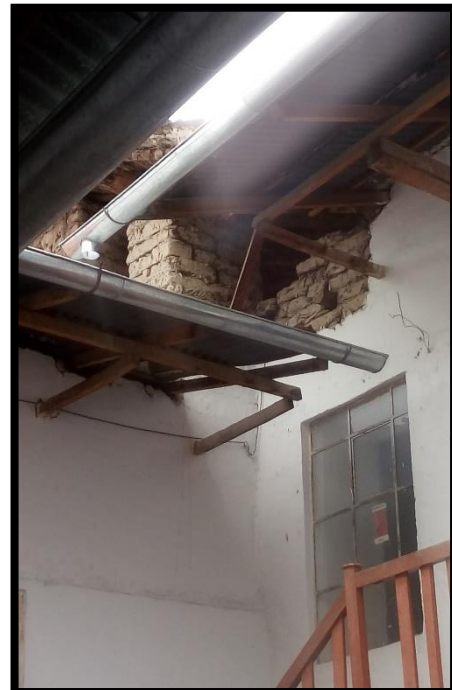
Parte inferior de la cobertura deteriorada



Vigas apolilladas y pandeadas



Material no compatible con muros de adobe



Adobes sueltos sobre muros

FICHA DE REPORTE
APLICACIÓN INSTITUCIÓN EDUCATIVA JUAN CLEMENTE VERGEL EX 91

Tipo de sistema estructural: Adobe

ANTECEDENTES

Departamento : Cajamarca Provincia : Cajamarca
 Distrito : Cajamarca Dirección : Jr. Guillermo Urrelo 774
 Dirección técnica en el diseño: Ninguna
 Pisos construidos: 1 Pisos proyectados: 1 Antigüedad de la vivi: 105 años

Peligros naturales potenciales que afectan la vivienda: Los peligros más significativos en la institución educativa Juan clemente vergel son los sismos moderados y severos que puedan ocurrir además de las intensas lluvias en algunos meses del año, las cuales pueden debilitar las estructuras de la edificación.

Topografía y geotécnia: Presenta una topografía con pendiente baja donde presenta un suelo de tipo gravoso y arcilloso.

Estado de la edificación: La institución educativa Juan Clemente Vergel ex 91 presenta un Estado de conservación regular a pesar de la antigüedad de la edificación, cabe mencionar que la edificación ha sido remodelada a lo largo de sus años cambiando la cobertura de la edificación y algunas estructuras de madera, sin embargo el elemento estructural principal y unidad de análisis de la investigación, muros de adobe, se ha mantenido.

En algunas aulas podemos observar desprendimiento de tarrajeo, y deterioro de algunos de los elementos de madera más antiguos de la edificación.

ASPECTOS TÉCNICOS

Elementos de la edificación:

Elementos	Características
Cimientos	Cimentación ciclópea aparentemente en buen estado.
Muros	Conformado por adobes de 70 cm x 40 cm x 10 cm, juntas de 1.5 cm @ 2 cm y revestimiento de yeso.
Techo	Presenta un sistema típico de techado con cobertura de teja Andina Eternit sobre tijerales y vigas de madera.
Vigas	Vigas de madera de eucalipto rollizo de 5" - 7" sobre muro y en dinteles.
Otros	Típanos de adobe que varían entre 1.50 m a 2.00 m de altura

Deficiencias de la estructura:

PROBLEMAS DE UBICACIÓN	PROBLEMAS ESTRUCTURALES
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo de relleno	<input checked="" type="checkbox"/> Densidad de muros inadecuada
<input type="checkbox"/> Edificación sobre suelo no consolidado	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin viga solera de madera o concreto
<input type="checkbox"/> Edificación con asentamiento	<input checked="" type="checkbox"/> Muros sin confinar resistentes a sismo
<input type="checkbox"/> Edificación en pendiente	<input type="checkbox"/> Cimientos y/o sobrecimientos inadecuados
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	<input type="checkbox"/> Dinteles con reducida longitud de apoyo
Edificación con muros altos de más de 3 metros ubicados en una zona de alta actividad sísmica (Zona 3)	<input type="checkbox"/> Tabiquería no arriostrada
	<input checked="" type="checkbox"/> Torsión en planta
PROBLEMAS CONSTRUCTIVOS	<input checked="" type="checkbox"/> Vivienda sin junta sísmica
<input type="checkbox"/> Muros expuestos a lluvia	<input type="checkbox"/> Otros:
<input type="checkbox"/> Juntas de construcción mal ubicadas	
<input checked="" type="checkbox"/> Combinación de ladrillo con adobe o tapial en muros	MANO DE OBRA
<input checked="" type="checkbox"/> Unión muro techo no monolítica	<input type="checkbox"/> Buena <input checked="" type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Mala
<input type="checkbox"/> Muros inadecuados para soportar empuje lateral	Otros
<input checked="" type="checkbox"/> Unidades de adobe o tapial de baja calidad	
<input checked="" type="checkbox"/> Otros:	
Desprendimiento de tarrajeo, vigas deterioradas debido a la antigüedad de esta, exceso de cargas por remodelaciones en la edificación.	

PELIGROS NATURALES POTENCIALES

<input checked="" type="checkbox"/> Sismos	<input checked="" type="checkbox"/> Lluvia	<input type="checkbox"/> Otros
<input type="checkbox"/> Huayco	<input type="checkbox"/> Viento	
<input type="checkbox"/> Deslizamiento	<input type="checkbox"/> Inundación	

OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

Las remodelaciones que se han realizado en las edificaciones han perjudicado de alguna manera la estructura de adobe, generando grietas y/o deformaciones en estas, por ejemplo la habilitación de nuevos niveles en algunos ambientes que por mas pequeños que sean pueden modificar y disminuir las capacidades estructurales de los muros de adobe, debido al exceso de carga que se originará en cada muro portante.

Además se observa que la edificación no presenta ningún tipo de refuerzo en sus elementos estructurales.

Factores influyentes para la vulnerabilidad sísmica				
Vulnerabilidad				
Estructural			No estructural	
Densidad	Estado Actual de las edificaciones		Tabiquería	
Adecuada	Buena calidad		Todos estables	
Aceptable	Regular calidad		Algunos estables	
Inadecuada	Mala calidad		Todos inestables	
	Vulnerabilidad		Alta	

Calificación	
Vulnerabilidad sísmico	
Alta	

Diagnóstico:

La edificación Juan Clemente Vergel presenta mayor densidad de muros en el eje paralelo a su fachada, Eje X, sin embargo esta es inadecuada y muy por debajo de la densidad de muros requerida según la propuesta de las fichas de reporte, Además realizando las comparaciones con los requisitos de la norma actual E.080, la densidad de muros no cumple con la mínima.

Adicionalmente a esto, observamos que los muros portantes en ambas direcciones son inadecuadas en toda la edificación. Además debido a la falta de refuerzos en los muros estos en su mayoría son inestables y peligrosos para los estudiantes de la institución. La Institución Juan Clemente Vergel presenta una estructura irregular por lo que generará fuerzas de torsión que puede afectar la edificación y por ende su vulnerabilidad sísmica.

A pesar de esto es importante reconocer el estado actual de la edificación y los trabajos de mantenimiento superficial en la Institución. Sin embargo al no presentar refuerzos en el elemento más importante para su comportamiento sísmico, además de los resultados obtenidos es que la edificación de adobe Juan Clemente Vergel - Ex 91 presenta una vulnerabilidad sísmica alta, por lo que estará propensa a fuerzas horizontales, sufriendo grandes daños en toda su estructura

Recomendaciones

La vivienda podría reforzarse, con malla electrosoldada, en los principales muros perimetrales, lo cual permitirá aumentar la resistencia de las mismas.

Se debe tener en cuenta y reforzar la base de los tímpanos de la edificación con placas o grapas, evitando a si su desplome, esto debido a su gran dimensión y a que estos son muy propensos a fallar en caso de sismos.

Estado Actual de la Edificación



Desprendimiento en base de muros



Cobertura de la Edificación Juan Clemente Vergel



Muros Esbeltos de más de 4.5 m.



Habilitación de un nivel a media altura



Ligera falta de verticalidad en algunos muros



Tímpanos de gran tamaño y sin refuerzo

ANEXO III. PLANOS DE UBICACIÓN

ANEXO IV. PLANOS DE DISTRIBUCIÓN

ANEXO V. ÁREAS TRIBUTARIAS

ANEXO VI. PLANOS DE CORTES Y ELEVACIONES