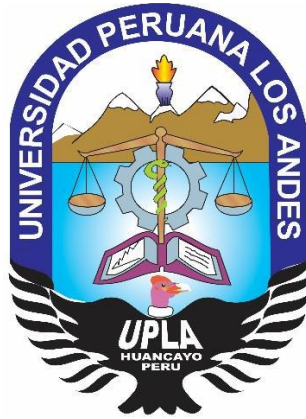


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DINÁMICO DE
VIVIENDAS DE ADOBE CON REFUERZO DE VARAS DE
MADERA DE EUCALIPTO”**

PRESENTADO POR:

Bach. CESAR AUGUSTO VILCAHUAMAN PONCE

LINEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL: TRANSPORTE Y URBANISMO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO – PERÚ

2019

ASESORES

Ing. FABIAN BRAÑEZ, Alcides Luis

TEMÁTICO

Dr. VIERA PERALTA, Deybe Eryn

METODOLÓGICO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis pequeños Ruth Esperanza y Nicolás José, pues ellos son el ánimo día a día en este camino de progreso.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, porque me acompaña por siempre y más en los momentos difíciles que me ha tocado vivir, gracias Señor.

No habría sido posible realizar esta tesis sin la participación de muchas personas. A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Facultad de Ingeniería de la Universidad Peruana los Andes – Huancayo, por su acogida de esta investigación.

A mis asesores de tesis, Ing. Alcides Luis Fabián Brañez y Dr. Viera Peralta, Deybe Eryn, que se han puesto al servicio de este trabajo, estando siempre dedicando su tiempo y profesionalismo. Han sido referentes en todo el proceso.

Al Ing. Christian Mallaupoma Reyes (Jefe de laboratorio de Estructuras e Hidráulica – UPLA – HYO), Bernardo Quincho Santos y Marcos Común Huamán (Téc. Lab., de estructuras e hidráulica – UPLA – HYO), por su disponibilidad y atención durante la preparación de los ensayos y sus respectivas pruebas.

A los catedráticos: Ing. Justo Rodas Romero, Ing. Christian Mallaupoma Reyes y al Ing. Vladimir Ordoñez Camposano (UPLA – HYO), por su atención en la revisión de los instrumentos de medición.

A la Ing. Yina. Ninahuanca Zabala (Directora de la escuela profesional de Ingeniería Civil y Coordinadora del taller de tesis), por su incansable guía durante el proceso de titulación.

A mis padres, hermanas/hermanos, cuñadas/cuñados por su apoyo incondicional, en especial a mi madre cuyo ayuda a sido fundamental para la finalización de todo el trabajo.

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

**DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
PRESIDENTE**

JURADO

JURADO

JURADO

**MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE**

ÍNDICE GENERAL

ASESORES	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE CUADROS	xii
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I	18
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	18
1.1 Planteamiento del problema.....	18
1.2 Formulación y sistematización del problema.....	19
Problema General	19
1.2.1 Problema(s) específico(s).....	19
1.3 Justificación.....	19
1.3.1 Práctica o Social	19
1.3.2 Científica o teórica	20
1.3.3 Metodológica	20
1.4 Delimitaciones	20
1.4.1 Espacial	20
1.4.2 Temporal.....	21
1.5 Limitaciones	22

1.6	Objetivos	22
1.6.1	Objetivo General.....	22
1.6.2	Objetivo(s) Específico(s).....	22
CAPÍTULO II		23
MARCO TEÓRICO		23
1.1	Antecedentes	23
1.1.1	Antecedentes internacionales.....	23
1.1.2	Antecedentes nacionales.....	25
1.2	Marco conceptual.....	32
1.2.1	Refuerzos en construcciones de tierra	32
1.2.2	Refuerzos	33
1.2.3	Disposición de reforzamiento.....	33
1.2.4	La madera.....	34
1.2.5	El Eucalipto.....	41
1.2.6	El comportamiento dinámico.....	43
1.2.7	Análisis dinámico de las construcciones.....	44
1.3	Definición de términos.....	52
1.4	Hipótesis	55
1.4.1	Hipótesis General	55
1.4.2	Hipótesis Específica(s)	55
1.4.3	Definición conceptual de la variable	55
1.4.4	Definición operacional de la variable	56
1.4.5	Operacionalización de la variable	57
CAPÍTULO III		60
METODOLOGÍA		60
1.1	Método de investigación.....	60
1.1.1	Método general de la investigación	60

1.1.2	Método específico de la investigación	61
1.2	Tipo de investigación.....	61
1.3	Nivel de investigación.....	61
1.4	Diseño de la investigación.....	61
1.5	Población y muestra.....	62
1.5.1	Población o universo	62
1.5.2	Muestra.....	62
1.6	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	62
1.6.1	Técnicas	62
1.6.2	Instrumentos de recolección de datos	62
1.7	Procesamiento de la información	65
1.8	Técnicas y análisis de datos	65
CAPÍTULO IV.....		66
RESULTADOS.....		66
4.1	Presentación de resultados	66
4.1.1	Unidad experimental.....	66
4.2	Resultado por objetivos.....	74
4.2.1	Descripción de los datos de comportamiento dinámico	74
4.2.2	Descripción de los resultados	75
4.3	Verificación de las hipótesis	87
CAPÍTULO V.....		89
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		89
CONCLUSIONES		92
RECOMENDACIONES		93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		94
ANEXOS		97

- Anexo A: Matriz de consistencia
- Anexo B: Instrumento de medición
- Anexo C: Planos
- Anexo D: Videos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Correlación intensidad vs aceleración	52
Tabla 2 Características de las viviendas	73
Tabla 3 Componentes de la vibración	73
Tabla 4 Comportamiento dinámico de vivienda N° 1 (testigo)	75
Tabla 5 Falla estructural de vivienda N° 1 (testigo)	76
Tabla 6 Comportamiento dinámico de vivienda N° 3	78
Tabla 7 Falla estructural de vivienda N° 3	79
Tabla 8 Comportamiento dinámico de vivienda N° 2	82
Tabla 9 Falla estructural de vivienda N° 2	82
Tabla 10 Cantidad de refuerzos por vivienda	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de refuerzos verticales.	34
Figura 2. Disposición de refuerzo horizontal.....	34
Figura 3. Pie tablar de madera	40
Figura 4. Transformación primaria.....	41
Figura 5. Transformación secundaria	41
Figura 6. Abaco de Wood-Anderson para magnitudes de sismo.....	48
Figura 7. Distribución arquitectónica	67
Figura 8. Zanja de cimentación de madera.	68
Figura 9. Detalle de zanja de madera.....	68
Figura 10. Preparación de barro.....	69
Figura 11. Adobe en proceso de secado.....	70
Figura 12. Proceso constructivo de muros.	70
Figura 13. Colocación de refuerzo de madera en los muros.	71
Figura 14. Disposición de refuerzos de madera en los muros.....	71
Figura 15. Colocación de dinteles en los vanos.	72
Figura 16. Estructura de muros terminados.....	72
Figura 17. Regla de medición de desplazamiento en vivienda N° 1 (testigo).....	77
Figura 18. Falla estructura de vivienda N° 1 (testigo), a una amplitud de 40 mm y frecuencia de 10 hercios de vibración.....	77
Figura 19. Regla de medición de desplazamiento en eje X, en vivienda N° 3. (Ref. c/3 hiladas).....	80
Figura 20. Sobrevivencia de vivienda N° 3 a una amplitud de 75 mm y frecuencia de 10 hercios de vibración.	81
Figura 21. Regla de medición de desplazamiento en eje X, en vivienda N° 2.....	83
Figura 22. Sobrevivencia de vivienda N° 2 a una amplitud de 50 mm, y frecuencia de 10 hercios de vibración.	84
Figura 23. Falla estructura de vivienda N° 2, a una amplitud de 75 mm y frecuencia de 10 hercios de vibración.	84

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Escala de Mercalli.....	49
Cuadro 2 Escala de Richter.....	51
Cuadro 3 Intensidades típicas observadas.....	51
Cuadro 4 Operacionalización de variables	57
Cuadro 5 Operacionalización de variables para comparativo.....	58
Cuadro 6 Plantilla de instrumento de medición	63
Cuadro 7 Dimensiones de variable dependiente	75
Cuadro 8 Aceleraciones vivienda N° 1 (testigo)	76
Cuadro 9 Aceleración vivienda N° 3	80
Cuadro 10 Aceleraciones vivienda N° 2	83
Cuadro 11 Sobrevivencia estructural de las viviendas	85
Cuadro 12 Intensidad vs aceleración	86

RESUMEN

Las viviendas de adobe en el distrito de Pariahuanca se continúan construyendo tradicionalmente y sus características de estas tales como su fragilidad, el peso y baja resistencia a la flexión; no les permiten disipar los esfuerzos ante ocurrencias de sismos severos, y como resultados se dan pérdida de vidas y materiales.

El presente trabajo de investigación buscó disminuir la fragilidad y mejorar la resistencia a la flexión, para lo cual ensayó tres viviendas, una sin refuerzo (testigo), otra con refuerzo en cada dos hiladas y la tercera con refuerzo en cada tres hiladas, todo ello a escala de 1:20, en una mesa vibratoria.

Los objetivos de la investigación fueron: analizar el comportamiento dinámico de las viviendas de adobe, sin refuerzo, con refuerzos en cada dos y tres hilas.

El método de la investigación fue el científico, de tipo aplicada, nivel explicativo, el diseño experimental. La población fue todas las viviendas de adobe del distrito de Pariahuanca y la muestra fue una vivienda de adobe a escala. El tipo de muestreo empleado fue el no probabilístico

Se concluyó que los refuerzos de madera de eucalipto mejoraron la resistencia y la fragilidad de las viviendas de adobe ante los movimientos vibratorios expuestos, equivalentes a un sismo severo.

Palabras claves: Comportamiento dinámico, refuerzos, viviendas de adobe.

ABSTRACT

The adobe houses in the Pariahuanca district continue to be built traditionally and their characteristics such as their fragility, weight and low resistance to bending; they are not allowed to dissipate efforts in the event of severe earthquakes, and as a result loss of life and materials occurs.

The present research work sought to reduce fragility and improve flexural strength, for which it tested three homes, one without reinforcement (witness), another with reinforcement in every two courses and the third with reinforcement in every three courses, all of which at 1:20 scale, on a vibrating table.

The objectives of the research were: to analyze the dynamic behavior of adobe homes, without reinforcement, with reinforcements in every two and three rows.

The research method was the scientific, applied type, explanatory level, experimental design. The population was all adobe dwellings in the Pariahuanca district and the sample was a scale adobe dwelling. The type of sampling used was non-probabilistic.

It was concluded that eucalyptus wood reinforcements improved the resistance and fragility of adobe dwellings in the face of exposed vibratory movements, equivalent to a severe earthquake.

Keywords: Dynamic behavior, reinforcements, adobe housing

INTRODUCCIÓN

El comportamiento dinámico de una estructura es la respuesta estructural de la misma, cuando a la estructura se le somete a la acción de una fuerza externa. La fuerza externa al mover la masa de la estructura de su posición de reposo, aparece de ella la *fuerza dinámica* debida al producto de su masa por la aceleración que adquiera. Las fuerzas externas para considerar el comportamiento dinámico deberán variar de cargas sobre la estructura respecto al tiempo, los casos de fuerzas externas, como el viento o el sismo son acciones netamente variables con el tiempo. Entonces, cuando las acciones tienen una variación relevante con respecto al tiempo, entonces el comportamiento de una estructura no es estático, sino que se considera dinámico, es decir, que la respuesta de la estructura varía con el tiempo, lo mismo que las acciones (E-struc, 2017).

En el distrito de Pariahuanca, como en muchos otros distritos de nuestro país, aún se vienen edificando las viviendas de adobe o tapial, debido a su bajo costo y su tecnología constructiva simple, a ello se suma, la baja capacidad económica de las familias que optan por las viviendas rústicas.

La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vida humana y daño material. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos debido a su gran peso, estas estructuras desarrollan niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente, (Blondet, Villa Garcia, & Brzev, 2003).

De ahí, el reto constante de la ingeniería civil en probar nuevas opciones para mejorar el comportamiento dinámico de las viviendas de adobe. Por ello el trabajo de investigación se orienta al uso de un refuerzo natural que es la “madera de eucalipto” en el interior de los muros de adobe, material bastante familiarizado en la construcción de las viviendas rústicas en forma de vigas, durmientes, columnas, palizadas; y que el maestro constructor utiliza por su abundancia en el entorno del distrito de Pariahuanca. En esta investigación se tiene como problema general ¿Cómo es comportamiento dinámico de las

viviendas de adobe, reforzados con varas de madera de eucalipto en el distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, región Junín en el año 2019?, y como objetivo general: Analizar el comportamiento dinámico de viviendas de adobe con refuerzos de varas de madera de eucalipto en el distrito de Pariahuanca – región Junín. La hipótesis general es: El comportamiento dinámico de las viviendas de adobe reforzados con varas de madera de eucalipto es más eficiente ante los movimientos sísmicos, en el distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, región Junín.

Por su finalidad de la investigación es del tipo aplicada de nivel explicativo. De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis la investigación es experimental, pues manipula deliberadamente a la variable independiente. Así mismo tiene como población a las viviendas de adobe y tapial del distrito de Pariahuanca.

Se llegó a la conclusión, que las viviendas a escala reforzados con madera de eucalipto tienen un mejor comportamiento dinámico comparado a la vivienda sin refuerzo (testigo), cuando estos son expuestos a movimientos vibratorios.

El reforzamiento en cada dos hiladas demostró tener mejor comportamiento dinámico que el reforzamiento en cada tres hiladas, debido a que el reforzamiento en cada dos hiladas lleva más cantidad de refuerzo.

La presente investigación está organizada en cinco capítulos:

Capítulo I: Planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, problema general, problemas específicos, justificación, delimitación, limitaciones, objetivos, objetivo general, objetivos específicos.

Capítulo II: Marco teórico; antecedentes internacionales y nacionales, marco conceptual, definición de términos, hipótesis general, hipótesis específicas, variables, definición conceptual, operacional y operacionalización de las variables.

Capítulo III: Metodología; método de investigación, tipo de investigación, nivel de investigación, diseño de investigación, población, muestra, técnicas, instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información, técnicas y análisis de datos.

Capítulo IV: Presentación de resultados por objetivo, y contrastación de la hipótesis.

Capítulo V: Discusión de resultados por objetivos, comparación con los antecedentes, prueba de hipótesis, conclusiones, recomendaciones, finalmente las referencias bibliográficas.

Bach: Vilcahuamán Ponce, Cesar Augusto.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vidas humanas y daño material. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. (Blondet, Villa Garcia, & Brzev, 2003, págs. 6, 7).

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), en 1969 más de cien pobladores de la Provincia de Huancayo fallecieron tras la ocurrencia de dos sismos de magnitud 6, además de afectar numerosas viviendas rurales. El 13 de noviembre del 2018 a horas 06:39:56 se registró un sismo de magnitud 4 en la escala de Richter a una profundidad de 20 Km, latitud -11.81, Longitud -75.10, referencia: 26 Km al NE del distrito de Concepción, provincia de Concepción. Ambas ocurrencias están asociadas a la falla geológica activa de Huaytapallana, es una falla cuya reactivación generará un impacto fuerte en la sociedad por los daños severos capaz de provocar explico Carlos Benavente, especialista del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, (Agencia Peruana de Noticias ANDINA, 2018).

Los resultados del Censo Nacional 2017: XII de Población y VII de Vivienda, revelan que 2 millones 148 mil 494 viviendas están construidas en adobe o tapia que representa el 27.9%; 4 millones 298 mil 274 viviendas son da material noble que representa el 55.8%, y en otros materiales tales como madera 727 mil 778 viviendas que significa el 9.5% y otros materiales tales como triplay, calamina, estera, quincha, piedra con barro y sillar con cal o

cemento significan 6.8%; en el distrito de Pariahuanca existen 1682 viviendas de las cuales 29 están construidas de material noble que significa un 1.7%, mientras que 1617 viviendas están construidas en adobe o tapia que significa el 96.1%, y en otros materiales tales como madera, y calaminas como material predominante asciende a un 2.2%, (Características de las Viviendas Particulares y los Hogares, 2018, págs. 23, 282).

1.2 Formulación y sistematización del problema

Problema General

- 1) ¿Cómo es el comportamiento dinámico de las viviendas de adobe, reforzados con varas de madera de eucalipto en el distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, región Junín en el año 2019?

1.2.1 Problema(s) específico(s)

- 1) ¿Cómo es el comportamiento dinámico de las viviendas de adobe, reforzados con varas de madera de eucalipto en cada *dos hiladas*?
- 2) ¿Cómo es el comportamiento dinámico de las viviendas de adobe, reforzados con varas de madera de eucalipto en cada *tres hiladas*?
- 3) ¿Cuáles son las diferencias entre el comportamiento dinámico de viviendas de adobe con reforzamiento en cada *dos hiladas* y cada *tres hiladas*, y *sin reforzamiento*?

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación práctica o Social

Los resultados del Censo Nacional 2017: XII de Población y VII de Vivienda, revelan que en el distrito de Pariahuanca existen 1682 viviendas, de estas 1617 viviendas están construidas en adobe o tapia (96.1%), y en otros materiales: madera, calamina 37 viviendas (2.2%), y sólo 29 viviendas están construidos en material noble (1.7%)., (Características de las Viviendas Particulares y los Hogares, 2018, pág. 282).

Según el Instituto Geofísico del Perú (IGP), en 1969 más de cien pobladores de la Provincia de Huancayo fallecieron tras la ocurrencia de dos sismos de magnitud 6.0, además de afectar numerosas viviendas rurales. El 13 de noviembre del 2018 a horas 06:39:56 se registró un sismo de magnitud 4.0 en la escala de Richter a una profundidad de 20 Km,

latitud -11.81, Longitud -75.10, referencia: 26 Km al NE del distrito de Concepción, provincia de Concepción. Ambas ocurrencias están asociadas a la falla geológica activa de Huaytapallana, es una falla cuya reactivación generará un impacto fuerte en la sociedad por los daños severos capaz de provocar explico Carlos Benavente, especialista del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, (Agencia Peruana de Noticias ANDINA, 2018).

1.3.2 Justificación teórica

La construcción tradicional de adobe tiene una respuesta muy mala ante los movimientos telúricos, sufriendo daño estructural severo o llegando al colapso, causando con ello pérdidas significativas en términos de vidas humanas y daño material. La deficiencia sísmica de la construcción de adobe se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. (Blondet, Villa Garcia, & Brzev, Construcciones de Adobe Resistentes a Terremotos, 2003, págs. 6, 7).

1.3.3 Justificación metodológica

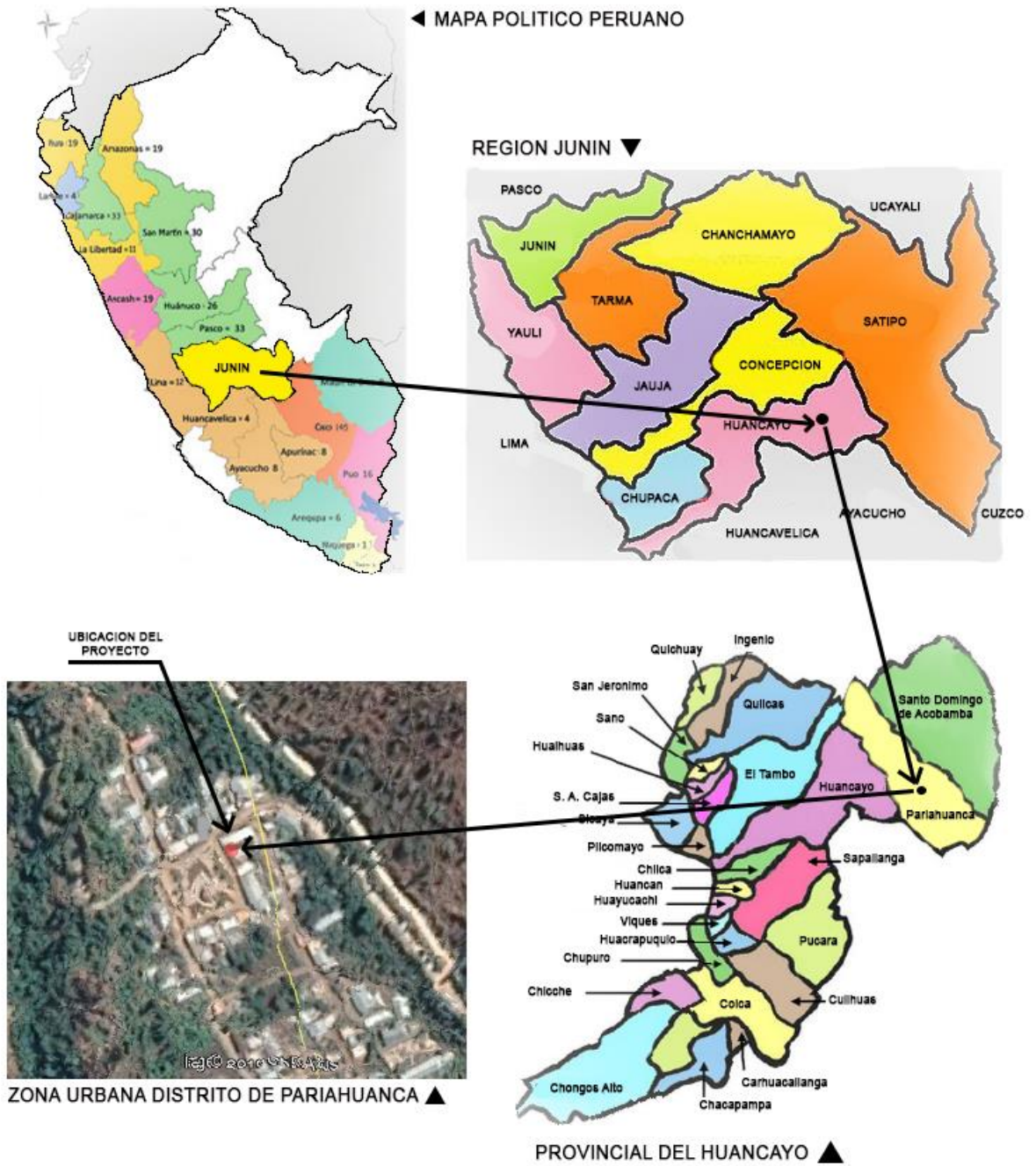
Las representaciones a escala de los refuerzos y la vivienda de adobe permiten ensayar a nivel de laboratorio y registrar los efectos de la manipulación de la variable independiente sobre la variable dependiente, a través, de la observación directa, utilizando una guía de observación, y obtener resultados confiables.

1.4 Delimitaciones

1.4.1 Espacial

El lugar de la problemática identificada está ubicado al lado Este de la ciudad de Huancayo, específicamente involucra al distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo – Región Junín. Los estudios experimentales se han realizado en el laboratorio de Estructuras en el campus universitario de la Universidad Peruana los Andes – Chorrillos Huancayo.

CROQUIS DE UBICACION



1.4.2 Temporal

La investigación se desarrolló del mes de mayo a noviembre del presente año 2019.

1.5 Limitaciones

Durante el proceso de investigación se ha tenido una limitación, esta ha consistido en medir el desplazamiento de la vivienda a escala, debido, a que este tendría que ser registrado en pleno movimiento vibratorio, lo cual era difícil. Para ello se ideó, montar cámaras de video y reglas, de tal manera que estos se muevan conjuntamente con la mesa vibratoria y de esta manera se registren los movimientos de las viviendas a escala. Sin embargo, no se ha podido registrar los desplazamientos, puesto que estos desplazamientos muy pequeños, imperceptibles.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

- 1) Analizar el comportamiento dinámico de viviendas de adobe con refuerzos de varas de madera de eucalipto en el distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, región Junín.

1.6.2 Objetivo(s) Específico(s)

- 1) Analizar el comportamiento dinámico de viviendas de adobe con reforzamiento horizontal en cada *dos hiladas*.
- 2) Analizar el comportamiento dinámico de viviendas de adobe con reforzamiento horizontal en cada *tres hiladas*.
- 3) Comparar el comportamiento dinámico en función del incremento de los refuerzos de varas de madera de eucalipto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

1.1.1 Antecedentes internacionales

a) (Catalán, 2013) en su tesis titulada: “Comportamiento sísmico de la vivienda de adobe basado en pruebas en mesa vibradora de dos modelos a escala”, para obtener el grado de maestro en Ingeniería Civil – Estructuras, en la Universidad Nacional Autónoma de México. En su investigación presenta el comportamiento sísmico de viviendas de adobe mediante la simulación de un sismo y sus efectos sobre un modelo a escala 1:2 en una mesa vibradora, también estableció comparaciones con un segundo modelo que consistió en muros de adobe reforzados con malla hexagonal (gallinero) y mortero cemento – arena 1:3 con el fin de reducir daños estructurales de la vivienda de adobe. El objetivo principal fue estudiar el comportamiento sísmico de la vivienda de adobe, por medio de la simulación de un sismo y sus efectos sobre dos modelos a escala 1:2 en una mesa vibradora, así como identificar las diferencias del comportamiento sísmico entre un modelo sin refuerzo y otro que incluyó una técnica de refuerzo eficiente, práctica y económica; finalmente ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Las propiedades mecánicas del adobe resultaron ser muy bajas, principalmente al esfuerzo a flexión, donde se obtuvo el adobe ante fuerzas inducidas fuerza de su plano es muy baja, debido a la débil adherencia que existe entre las piezas y juntas de adobes. Si bien, la prueba para calcular la resistencia a la flexión es estática y simplificada, debe tomarse con reserva el resultado obtenido.

2. La respuesta en la aceleración del modelo sin refuerzo es mayor que el modelo reforzado, las mayores aceleraciones se presentan en los muros de ambos modelos, que en el sistema de cobertura. El modelo reforzado se comportó menos excitado por los movimientos aplicados en su base, debido al incremento de sus rigidez por el reforzamiento colocado en ambos lados de los muros, esto provoco que el periodo de vibrar de este modelo se alejara del intervalo de aceleraciones altas del espectro de respuesta del movimiento con magnitudes elevadas de aceleración, estos no causan efectos importantes en el modelo, llegando a soportar el doble de aceleración y reduciendo la distorsión del orden de 10 veces en el rango de aceleración máximo aplicado en el programa de pruebas del modelo sin refuerzo.
- b) (Muentes Alvarado, 2016) en su tesis titulada: “Optimización en el uso de adobe sismo resistente, como material constructivo para viviendas familiares de bajo costo”, para obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad de Guayaquil – Ecuador. La investigación consiste en un análisis comparativo de las bondades entre viviendas de adobe tradicional y las viviendas de adobe con tecnología de reforzamiento ante los fenómenos sísmicos. El objetivo general fue: proponer un sistema constructivo alternativo mediante la optimización del adobe como material de construcción para viviendas sismo resistentes y ecológicas. El método empleado fue explicativo – descriptiva de campo, con un enfoque cualitativo y cuantitativo que permitió al investigador sistematizar y analizar y con ello proponer un diseño sísmico de tal manera que reduzca el colapso de las viviendas de adobe; se ensayaron pruebas de granulometría, límites de Atterberg, densidad – humedad y pruebas de resistencia de la mampostería y suelo; mientras para el análisis dinámico de la estructura se analizaron el periodo de vibración, espectros elásticos de diseño y zonificación sísmica de acuerdo a la NEC 15. Llegó a las siguientes conclusiones:

1. El adobe soporta cargas de gravedad aceptables y mucho más al reforzarle con cemento portland.
2. La prueba de esfuerzos a flexión, cortante y volteo de un muro de adobe ha resultado favorable para este tipo de elemento estructural.
3. El uso de geo mallas o mallas de alambre galvanizado proporcionan un eficiente confinamiento a los muros de adobe garantizando una estabilidad y resistencia a la tracción causados por los sismos.
4. Las características del adobe estabilizado son aceptables y aplicables para la construcción de viviendas, ya el suelo está disponible en las zonas más deprimidas del estado de Ecuador y otros lugares.

1.1.2 Antecedentes nacionales

a) (Igarashi Hasegawa, 2009) en su tesis titulada: “Reforzamiento estructural de muros de adobe” para optar el título profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Ingeniería. Lima – Perú. Estudió dos alternativas para reforzar muros existentes de adobes, una implica el uso de esteras como elemento de confinamiento y la otra consistió en costalillos de plásticos, estos muros fueron ensayados, resultando favorables en ambos casos. Llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) En el muro sin refuerzo se observó una fisura en la tercera hilera superior debido a problemas con la posición del actuador; como el muro no poseía ningún elemento confinante la falla siguió la junta horizontal del mortero de barro que se encontraba en el extremo de la cabeza del actuador, para corregir esto se colocó el actuador a la altura del centro de gravedad del muro, esto se mantuvo tanto para los ensayos restantes.
- 2) Los muros sin refuerzo presentaron la típica fisura diagonal por el esfuerzo de corte del muro, debida a la baja resistencia de carga del adobe, así como la falta de confinamiento.

- 3) El comportamiento elástico de los muros sin reforzar se presenta hasta aproximadamente 0.4 mm de desplazamiento lateral y una carga de 0.4 t.
 - 4) Ambas alternativas de reforzamiento obtuvieron resultados similares, como en carga y deslizamiento, en promedio los muros reforzados soportan un 65% más de carga lateral que los no reforzados.
 - 5) El comportamiento elástico del muro con estera se presenta hasta 0.4 mm de desplazamiento lateral y una carga de 0.4 t y para este rango se calculó la rigidez lateral de 1.4631 t/mm, la forma de la curva muestra una rigidez diferente a partir de un desplazamiento de 5 mm y una carga de 1.41 t por lo que se calculó un promedio de 0.00715 t/mm para esta etapa.
 - 6) El comportamiento elástico del muro reforzado con costalillo presenta un desplazamiento lateral de 0.6 mm a una carga de 0.4 t, para este rango se calculó una rigidez lateral de 0.9274 t/mm. La forma de la curva muestra una rigidez diferente a partir de un desplazamiento de 5 mm y una carga de 1.2 t, calculándose un promedio de 0.0115 t/mm para esta etapa.
 - 7) De las dos alternativas, el costalillo es la mejor opción debido a su mejor comportamiento y menor costo, mayor disponibilidad a nivel nacional, y por presentar mejor estética al requerir menor sección.
- b) (Montoya Robles, 2017) en su tesis titulada: “Construcción con tierra, revisión y sustento de los ensayos de campo: Presencia de arcilla o resistencia seca, control de figuración con arena gruesa”, para optar el título de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo principal fue: Corroborar los ensayos de campo: Resistencia seca o contenido de arcilla y control de fisuración con arena gruesa. El método de la investigación fue el método científico, el tipo aplicada, el nivel descriptivo – explicativo – relacional; el diseño experimental, y la técnica utilizada la observación directa, el instrumento la guía de observación. Llegó a las siguientes conclusiones:

- 1) La resistencia seca de las probetas esféricas moldeadas con suelo arcilloso, puestas a secar por 24 horas fueron: 0.099 kN (10.17kgf), en 48 horas de secado 0.141 kN (14.38 kgf). Comparadas con la fuerza promedio que tienen las personas entre los dedos pulgar e índice que es de 0.127 kN (13 kgf), por lo tanto, una buena tierra debe superar la fuerza promedio de las personas en dos días de secado, por ello se recomienda que el ensayo de “Resistencia seca” debe realizarse a las 48 horas de secado por un tema de eficiencia y productividad para el auto-constructor.
- 2) Los suelos que tengan una resistencia menor o igual de 0.117 kN (12 kgf) están descartados y no se podrán construir con este suelo por no tener la suficiente presencia de arcilla o resistencia seca. Este suelo podrá salvarse al incrementar el porcentaje de arcilla al mezclar con un suelo más arcilloso para mejorar su comportamiento.
- 3) El ensayo de “Resistencia seca” es útil por su simplicidad, no implica herramientas, las probetas esféricas se moldean entre la palma de las manos sin necesidad de compactar. Este ensayo está asociado a la comprobación experimental de laboratorio, siendo el único ensayo de campo que tiene respaldo teórico y experimental.
- 4) El ensayo de “Control de fisuras con arena gruesa” mejora el comportamiento y resistencia de un suelo arcilloso, controlando las grietas generadas por la retracción de las arcillas (propiedad de las arcillas que consiste en la reducción de volumen durante el secado). Estas grietas no permiten que la mampostería de adobe genere su resistencia máxima.
- 5) Se corroboró la validez del ensayo de “Control de fisuras con arena gruesa”, se obtuvo una curva de Gauss mezclando un suelo de una cantera del norte de Lima y porcentajes de arena gruesa. Se observó tendencias de resistencia máxima, siendo la proporción óptima de 3/8 de volumen de arena gruesa.

- 6) Los ensayos de “Resistencia seca” y “Control de fisuras con arena gruesa” se complementan, para lograr mejores resultados en cuanto a calidad de resistencia de la mampostería de adobe.
 - 7) En esta investigación se ha demostrado que son suficientes estos dos ensayos para garantizar la calidad de una cantera y que la mezcla sea óptima para la construcción.
- c) (Quispe Acosta & Rondón Durand, 2012) en su tesis titulada: “Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe. Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de Yauyos”, para optar el título de profesional de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo principal es presentar una metodología integral para implementar proyectos de mitigación en edificaciones existentes de adobe ubicadas en las zonas de riesgo sísmico; lo que consistió en identificar y seleccionar la mejor alternativa de reforzamiento de edificaciones existentes de adobe. Segundo analizar y diseñar la alternativa seleccionada, y por último la presentación y taller de capacitación del proyecto en la comunidad de Chocos, Provincia de Yauyos; la alternativa seleccionada fue la geo malla después de un comparativo con malla electro soldada. Llegó a las siguientes conclusiones:
- 1) Es importante difundir, discutir y compartir el conocimiento obtenido de las investigaciones con autoridades, personas y aprender los desafíos de la construcción con tierra y técnicas de reforzamiento en aquellas zonas de riesgo o peligro sísmico.
 - 2) De las visitas a campo realizados, se seleccionó la escuela de la localidad de Chocos, éste es representativo de las demás, dado que posee las misma configuración estructural y fisuras similares con los demás.
 - 3) Las condiciones estructurales eran precarias: muros con fisuras y contenían humedad, el techo era inestable, presentaba deflexiones y goteras, los vidrios estaban quebrados y los accesos eran estrechos. De acuerdo con la configuración estructural del local

escolar sin intervención se verifica que este no cumple con las exigencias mínimas de la Norma E.080, por lo tanto, se concluye que la edificación no es segura.

- 4) El factor imaginario fue determinante para la selección de la geo malla, como la mejor alternativa. La población se sintió identificada con la propuesta de reforzamiento, dado que se tuvo experiencias anteriores de construcción con la geo malla. Por lo tanto, una solución de reforzamiento debe de ser acompañada en conjunto con las decisiones de la comunidad dado que ellos son el fin del proyecto y son los que llevaran a cabo una posible replica en sus demás construcciones de viviendas o colegios.
- 5) Para el análisis de flexión se concluye que necesariamente se debe utilizar un refuerzo que soporte los momentos en los muros generados por el sismo, dado que el adobe es un material frágil que no resiste tracciones. Por lo tanto, se decidió reforzar con geo mallas, y realizar el análisis una vez más. De los resultados de este último se obtuvieron momentos actuantes mayores a los que puede soportar la geo malla ($M_r = 4.12 \text{ KN.m/m}$); por esta razón se utilizó contrafuertes los cuales redujeron los momentos generados en los muros, siendo el máximo 3.10 KN.m./m . en consecuencia, los muros deberán tener vanos reducidos, reforzados con geo malla y con contrafuertes, de esta manera se verifica que el corte y flexión generados por el sismo sean soportados por sistema geo malla – adobe.
- 6) En general no existen fallas a compresión pura en edificaciones de adobe, sin embargo, se comprobó el máximo esfuerzo a compresión de la albañilería de adobe fue de 1.86 Kg/cm^2 , menor a la exigida por la Norma E.080 (2.00 Kg/cm^2).
- 7) Para el diseño de los elementos de la armadura se comprueba que los elementos que trabajan a compresión no fallen por pandeo, por ello se utilizó la fórmula de Euler. Con ello garantizamos que los elementos de la armadura soporten las cargas provenientes del techo y no tengan deflexiones y fallas por inestabilidad.

- 8) Después de los talleres de capacitación, los pobladores demostraron haber comprendido los principios básicos del comportamiento de las estructuras de adobe como las posibles fallas. Así mismo tomaron conciencia de la situación de riesgo y vulnerabilidad que viven día a día, y de su compromiso y responsabilidad de tomar acciones preventivas en conjunto con las autoridades locales, distritales, policiales y regionales para llevar a cabo proyectos que solucionen esta deficiencia.
- d) (Santa María, Q., 2018) en su tesis titulada: “Comportamiento dinámico de una estructura mixta de dos pisos compuesta por adobe y quincha”, para optar el título de profesional de Ingeniero Civil, Pontificia Universidad Católica del Perú. Modelar una estructura de dos pisos que cuenta con muros de adobe en el primer piso y quincha en el segundo para obtener las respuestas dinámicas con diferentes ratios de rigideces entre ambos pisos “ k_1/k_2 ”. De este modo, encontrar una relación entre esta rigidez relativa con las respuestas dinámicas e identificar el caso más favorable que presente los menores valores de fuerzas. Llegó a las siguientes conclusiones:
- 1) El sistema estructural adobe-quincha es antiguo y se implantó por el mal desempeño de las construcciones de más de dos pisos de adobe. La quincha era un material mucho más liviano y se comportó adecuadamente cuando se presentaron los sismos posteriores. Por esta razón, muchas de las construcciones existentes en el centro histórico de Lima presentan este sistema estructural adobe-quincha y se mantienen estables a pesar de los números movimientos sísmicos que han ocurrido en todo su tiempo de vida, independientemente del trabajo de conservación que se le haya dado.
 - 2) A partir de los resultados del modelo simple de dos grados de libertad, se puede concluir que el segundo modo en desfase tiene una gran importancia en el comportamiento de estas estructuras que presentan distintos materiales y rigideces en sus pisos. Este desfase produce una disminución en los desplazamientos del

primer piso; por lo tanto, los muros de adobe reciben menor sollicitación sísmica. Esto es lo recomendable pues los muros de adobe son muy frágiles a los desplazamientos y a los esfuerzos de tracción.

- 3) Los resultados del análisis tiempo-historia y del análisis espectral del modelo de dos grados de libertad muestran tendencias muy similares; es decir, cuando la relación de rigideces es cercana a uno, las fuerzas basales y las fuerzas internas de los muros de adobe son mayores.
 - 4) A medida que el segundo piso es menos rígido que el primer piso estos valores de fuerza disminuyen. De los gráficos obtenidos se aprecia que el beneficio del segundo piso de quincha se da principalmente cuando existe una relación de rigideces mayor a cuatro entre el primer piso “ k_1 ” y el segundo “ k_2 ”. Los valores de desplazamiento relativo del primer piso y cortante basal son menores cuando la rigidez relativa se encuentra entre seis y nueve.
 - 5) El beneficio que brinda la diferencia de rigideces del sistema adobe quincha es que la estructura soporta menores cortantes basales y los desplazamientos relativos que presenta el primer piso de adobe son menores. El segundo piso presenta mayores desplazamientos; sin embargo, la quincha está compuesto por madera que es un material flexible que puede soportar grandes desplazamientos sin colapsar
 - 6) De los resultados de laboratorio, se puede observar que el adobe se comportó mejor de lo esperado. Puesto que, el sistema adobe-quincha no presenta colapso y los muros del segundo piso a pesar de presentar grandes desplazamientos relativos se mantienen sin fallar. Además, los resultados reafirman lo obtenido por el análisis de sensibilidad y muestra que estas estructuras mixtas cuentan con rigideces relativas cercanas al rango más óptimo para obtener menores valores de cortante basal.
- e) (Huamán Carbajal, 2018) en su tesis titulado: “Evaluación del comportamiento sísmico de viviendas rurales de material rústico con

reforzamiento estructural de mallas metálicas”, para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Peruana los Andes – Huancayo Perú. El objetivo de su investigación fue: Evaluar el comportamiento sísmico de viviendas rurales de material rustico reforzadas con mallas metálicas. Ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. Se concluye por lo tanto que gracias a las ventajas que ofrece un sistema de refuerzo estructural de mallas metálicas en el aspecto económico y técnico, logran que las viviendas rurales de material rustico tengan un mejor comportamiento sísmico basándose en la filosofía y los principios del diseño sismo resistente.
2. El proceso constructivo de viviendas rurales de material rustico con refuerzo estructural de mallas metálicas, por las características del tipo de material empleado permite asegurar la integridad de los habitantes durante un sismo, permitiendo una evacuación y de ser necesario una reparación de la estructura.
3. Gracias a los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de estructuras de la UPLA se puede concluir que durante un sismo las estructuras de material rustico son vulnerables a sufrir fallas estructurales. Una estructura sin refuerzo es vulnerable frente a sismos de categoría VII de la escala de Mercalli, mientras que una estructura reforzada puede soportar un sismo de categoría IX de la misma escala.
4. Una vez terminada la evaluación cuantitativa de los parámetros del comportamiento sísmico es evidente que el sistema de refuerzo externo logra que la estructura sea estable incluso con incrementos de fuerzas cortantes de 600% en una dirección.

1.2 Marco conceptual

1.2.1 Refuerzos en construcciones de tierra

El reforzamiento puede hacerse con cualquier material dúctil, incluyendo: caña, bambú, junco, parra, sogá, madera, malla de gallinero,

mallas de púas o barras de acero. El refuerzo vertical ayuda a mantener la integridad del muro fijándolo a la cimentación y a la viga collar y restringe la flexión perpendicular al plano y el corte coplanar. El refuerzo horizontal ayuda a transmitir la flexión y las fuerzas de inercia en los muros transversales (perpendiculares al plano de la sollicitación), hacia los muros que resisten el cortante (coplanares con la sollicitación), también restringe los esfuerzos de corte entre muros adyacentes y minimiza la propagación de las fisuras verticales. El refuerzo vertical y horizontal debería estar unido entre sí y a los otros elementos estructurales (cimentación, viga collar, techo) por medio de hilo nylon. Esta unión provee una matriz estable, que es de por sí más fuerte que sus componentes individuales. La colocación del refuerzo debe ser cuidadosamente planificada y las unidades deben ser fabricadas tomando provisiones especiales en cuanto a sus dimensiones (Blondet, Villa Garcia, & Brzev, 2003, pág. 13).

1.2.2 Refuerzos

Son los elementos constituidos por materiales de alta capacidad de tracción, que sirven para controlar los desplazamientos de muros. Deben ser compatibles con el material de tierra, es decir, flexibles y de baja dureza, esta cualidad le permitirá que no se dañen durante las vibraciones que producen los sismos. Estos deben prevenir la aparición de fisuras estructurales (Norma E.080, 2017, pág. 5)

1.2.3 Disposición de reforzamiento

Los refuerzos de cañas o similares, se colocarán horizontalmente cada cuatro hiladas en el tercio inferior de la altura del muro, cada tres hiladas en el tercio central y cada dos hiladas en el tercio superior, como máximo cada cuatro hiladas.

Sea la edificación una vivienda de uno o dos pisos. En lo que respecta a la cantidad de cañas por hiladas, estas han sido colocadas en par (dos cañas), tal como se muestran en la siguiente figura (Blondet, Villa Garcia, & Brzev, 2003, pág. 9).

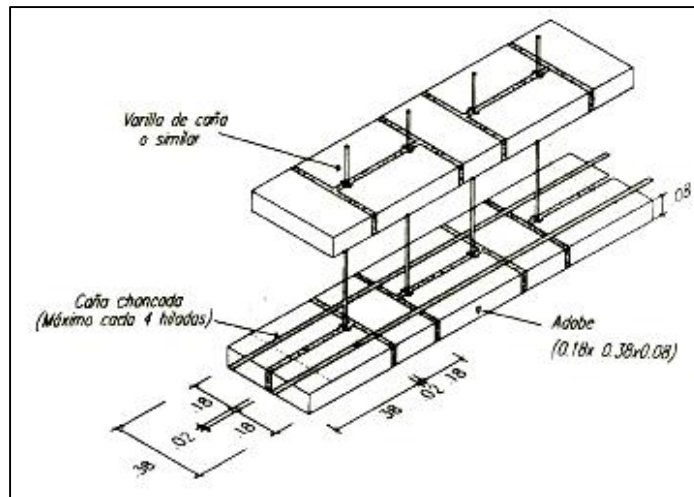


Figura 1. Disposición de refuerzos verticales.

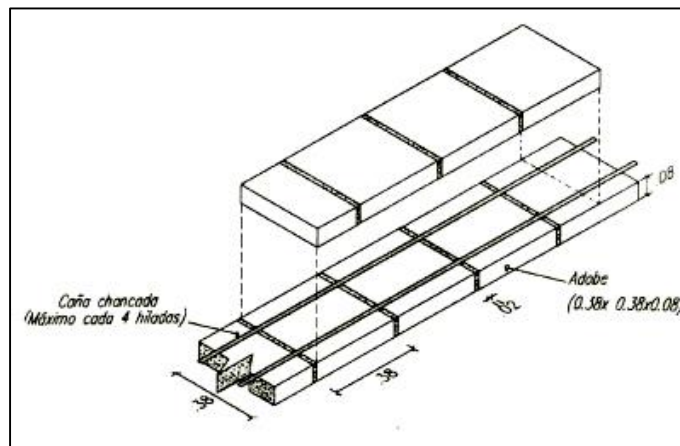


Figura 2. Disposición de refuerzo horizontal

1.2.4 La madera

En general se entiende por madera a las partes de un árbol que, económicamente, pueden aprovecharse, siendo éstas, por lo general, troncos y, en un mayor alcance, también, ramas y raíces. La madera de los troncos se puede utilizar de múltiples maneras: como laminas, como chapas finas, triturada en tableros y como macizo para obras de construcción y carpintería. Además, se beneficia de ella la industria química para la obtención, sobre todo, de celulosa, nitrocelulosa, aceites y ácidos. La madera forma parte del tronco de los árboles y su función es transportar agua y sustancias nutritivas del suelo hacia las hojas, da soporte a las ramas que forman la copa y fija las sustancias de reserva

almacenando los productos transformados en las hojas, todas estas funciones determinan la naturaleza de la madera, caracterizada por su porosidad y su elevada resistencia en relación con su peso, propiedad que la hace totalmente diferente a otros materiales de construcción (Aguilar Pozzer & Guzowski, 2011, pág. 7).

Crecimiento

El crecimiento en longitud es un crecimiento primario, que empieza con la yema de los brotes externos del tronco, de las ramas y de las ramificaciones. En los brotes se encuentran zonas de crecimiento o meristema en los cuales las células se dividen continuamente y, luego, se alargan. Los brotes son blandos y verdes al principio, al cabo de un tiempo se hacen leñosos. El crecimiento diametral del árbol, es un crecimiento secundario que tiene lugar en el cambium, que es una capa cilíndrica muy fina de células alrededor del leño del árbol, este grupo de células es el responsable de generar la corteza hacia afuera y madera hacia adentro. Durante el periodo de crecimiento desarrolla tres tipos de células: células para su propio engrosamiento, células para el líber que lo circunda y células para el leño que se encuentra en su interior; las células forman hacia afuera la corteza, cuyas partes externas se quiebran durante el crecimiento y se caen. Las células que forman hacia el interior son células de madera; la formación de madera se da desde afuera hacia dentro, es decir que la madera más añosa está en el centro del tronco y la más joven por debajo de la corteza (Aguilar Pozzer & Guzowski, 2011, págs. 9, 10).

Composición de la madera

La madera como la mayoría de los vegetales está compuesta por numerosas células. La pared celular es fina y flexible, con el correr del tiempo se endurece, sobre todo, por acumulación de celulosa, sustancia macromolecular de los glúcidos y lignina, sustancia que le otorga la rigidez e impermeabilidad. Las fibras de celulosa forman un entramado en el cual se almacena la lignina, sólo cuando la lignina se ha depositado en la pared celular se forma la "madera", la célula de madera acabada es dura, rígida y de forma definitiva. Desde el punto de vista de la composición química de la madera, los componentes esenciales son: la celulosa en un 50%

(aproximadamente), lignina un 30% y productos orgánicos semejantes a la celulosa y sustancias varias un 20%, entre ellos almidón, azúcares, grasas, taninos, aceites esenciales, sales minerales, colorantes, ceras y resinas. La celulosa, es el principal componente químico de la madera, es insípida, inolora e incolora, resistente al agua y la intemperie, pero atacada por los ácidos (Aguilar Pozzer & Guzowski, 2011, págs. 11, 12).

Propiedades

Los que trabajan con la madera deben reconocer las diferencias de la madera en sus propiedades estéticas, físicas y mecánicas, así como poder asesorar sobre su duración, medios de protección y utilidad en los distintos materiales para los distintos propósitos. La madera posee una serie de propiedades que la convierten en materia prima de excelente calidad para la fabricación de ciertos productos, destacándose en general las siguientes:

- Relación peso específico – resistencia mecánica altamente favorable.
- Bajo peso en relación al volumen.
- Fácil de trabajar y acoplar mediante uniones simples.
- Cuando se seca, es un excelente aislante térmico, eléctrico y acústico.
- Brillo y diseño natural que le confiere alto valor comercial.

En contraste con las propiedades mencionadas, son muy pocos los factores limitantes de su uso, resaltando la predisposición a la descomposición por tener origen orgánico y la inestabilidad dimensional por ser un material higroscópico que se hincha cuando absorbe agua y contrae cuando la pierde. Para la construcción las propiedades físico – mecánicas son la más interesantes:

A) Propiedades físico – mecánicas

Estas propiedades están muy relacionadas con la estructura molecular y celular de la madera y expresan la capacidad de la misma ante situaciones externas relacionadas con la humedad, temperatura, ruido, cargas, esfuerzos y otras. Las más destacadas son la

higroscopicidad, retractibilidad, densidad, homogeneidad, plasticidad, resistencia, dureza, hendibilidad, durabilidad, conductibilidad y porosidad:

- a. La madera es un material *higroscópico* y absorbe elimina humedad de acuerdo con el ambiente que se encuentra. Estas variaciones de contenido de humedad llevan aparejadas la variación tanto en peso como en volumen de la madera. El incremento de volumen se relaciona con la absorción y la contracción o retractibilidad con la eliminación de humedad, esto ocurre más en maderas blandas y menor en maderas duras.
- b. La *densidad* de las maderas es una característica física importante, en la que se distingue la *densidad absoluta* que es constante por tratarse del peso sin las cavidades o poros de la celulosa y sus derivados, y la *densidad aparente* que tiene en cuenta los vasos y poros de la madera, por lo tanto, es muy variable dependiendo del grado de humedad que la misma posea. Esta característica es importante a la hora de pensar en el peso para su transporte. En cuanto a la homogeneidad podemos decir que, cuando la estructura y la composición de las fibras es uniforme, en cada una de sus partes de la madera es homogénea como es el caso de los pinos y poco homogéneas aquellas maderas con radio medular muy desarrollados como es el caso del fresno.
- c. Se dice que una madera es *plástica* cuando se puede doblar y al desaparecer la fuerza que provoca la flexión no recupera su forma original. La madera húmeda se curva más que la seca. Si alcanza el límite máximo de plasticidad o su capacidad máxima de curvado la madera empieza a romperse.
- d. La *elasticidad* es la propiedad que tiene la madera mediante el cual recupera sus dimensiones originales luego de ser sometidas a una carga de compresión y, posteriormente retirada. Una madera es elástica que al desaparecer la fuerza que la fleta se recupera y vuelve a tomar su forma original. Las maderas de *eucalipto*, está considerado muy elástica y se emplea para la construcción de deporte y también en la fabricación de piezas de vehículos.

- e. Para la valoración de una madera como material, la *resistencia* es una de las propiedades importantes. Se entiende por tal la que ofrece la madera frente a la actuación de fuerzas externas. Se distinguen entre resistencia a la tracción, a la compresión, a la flexión deslizamiento, cortadura, torsión, pandeo y escisión (rajado en el sentido de la fibra).
- f. La resistencia a la *tracción* de la madera, que es el esfuerzo que soporta antes de desgarrarse, es sólo de poca importancia para muebles y construcciones interiores, pero sí en el caso de elementos exteriores como columnas y vigas.
- g. La resistencia a la *compresión* puede, en general, no tener en cuenta en la ebanistería, pero, sí en la arquitectura que es condición el correcto cálculo de columnas y tabiques de madera por la carga que soportan, fundamentalmente, de vigas y techos en general. En el sentido longitudinal de la fibra la resistencia a la compresión es cinco a ocho veces mayor que transversalmente.
- h. La resistencia a la *flexión* es la resistencia a la rotura, cuando se trata de piezas delgadas, largas y de plano o planas. Aquí se conjuga y mide cuanto se flexiona la pieza del punto de rotura. La pieza se flexiona cuando se carga fuera de los soportes o apoyos. Como ejemplo están las estanterías, los asientos de bancos, las barras de los armarios para las perchas, etc.
- i. La resistencia a la *cortadura* es la que presenta frente a la fuerza que actúa de una pieza de material contra otra en una superficie de corte tratándola de desplazarla. Como ejemplo, esta resistencia tiene lugar en los acuñados, apuntalamientos, ensambladura y junta a cola de milano, desempeña también una gran función en los trabajos de madera con arranque de viruta, por ejemplo, aserrado, mortajado y limado.
- j. La resistencia al *pandeo* se presenta cuando se trata de piezas esbeltas (delgadas); estas en comparación con su longitud tienen secciones de poca dimensión. Entre ellas están postes, columnas, puntales, varas, listones y patas de sillas. Si estas piezas se someten a una fuerte compresión longitudinal se pandea por la parte más débil,

lo que significa que la pieza tenderá a deformarse, si no es corregida la carga se romperá. Por lo tanto, las dimensiones de las piezas deberán ser calculados de acuerdo el tipo de carga que soportará y especie de madera que utilizaremos.

- k. La resistencia a la *escisión* (al hendimiento o a rajarse) es la que presenta la madera a la abertura de sus estructuras al introducir una cuña en el sentido de las fibras. Son maderas que tienden a rajarse fácilmente como el *eucalipto* e la *mora amarilla*. Se entiende, así por dureza de la madera a su resistencia a la penetración de cuerpos extraños en su superficie o contra abrasión. Esta propiedad es muy tenida en cuenta a la hora de pensar en pisos y es por eso que se utilizan maderas duras. La durabilidad de la madera está directamente relacionada con el medio ambiente en que se encuentra y las condiciones de la puesta en obra. Hay maderas que en condiciones de alta humedad e incluso en la inmersión en el agua, se mantienen en perfecto estado durante cientos de años como el roble y el quebracho, y otras que en pocos meses muestran signos de deterioro como los pinos y álamos.

la madera es un material mal conductor del calor por su naturaleza porosa que determina la presencia de aire en su interior (por este motivo es un excelente aislante térmico y por ello es utilizado en el cielo raso), también es considerado como aislantes de la corriente eléctrica, disminuye su conductividad en proporción que va perdiendo humedad. Y por ser un material elástico tiene la propiedad de resonancia con las ondas sonoras, es decir, vibra con simpatía con ellas y, por ello, se la utiliza en la fabricación de instrumentos musicales; para recubrir teatros y salas de conciertos donde se requiere determinada conducción de ondas sonoras (Aguilar Pozzer & Guzowski, 2011, págs. 12 - 16).

Pie tablar (pt)

Es el volumen que corresponde a una tabla de 1 pie de ancho por 1 pie de largo y 1 pulgada de espesor, equivalente a 0,00236 m³, o 1 m³ equivaldría a 423,84 pt como patrón de medida de la cual se desprende

para cuantificar las diferentes presentaciones de madera, es decir poder cubicarlas (Gutiérrez, R., Moreno, O., & Villota, E., 2013, pág. 29).

Formula:

$$\text{Volumen "PT"} = \frac{\text{Alto en pulgadas} \times \text{Ancho en Pies} \times \text{Longitud en pies}}{144}$$

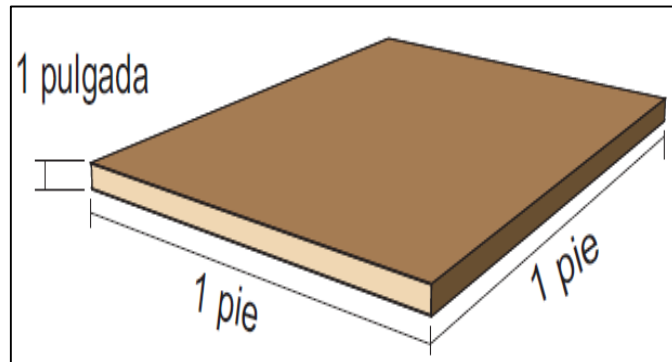


Figura 3. Pie tablar de madera

Madera procesada

Es aquel trozo del árbol que ha sufrido un proceso de transformación primaria o secundaria y puede catalogarse según el grado de procesamiento: *macizo bloque, tabla, viga, cuartón, vara, listón, madera en tablón o tabla*, según su transformación. Tradicionalmente se utilizan diferentes medidas para la cubicación de madera procesada con un alto grado de aceptación y de exactitud, como lo son el pie tablar, la pulgada comercial y la pulgada vara, sin embargo, con el fin de unificar criterios se utilizará como unidad básica para expresar el volumen el metro cúbico (m³), que es una medida de uso internacional (Gutiérrez, R., Moreno, O., & Villota, E., 2013, pág. 14).

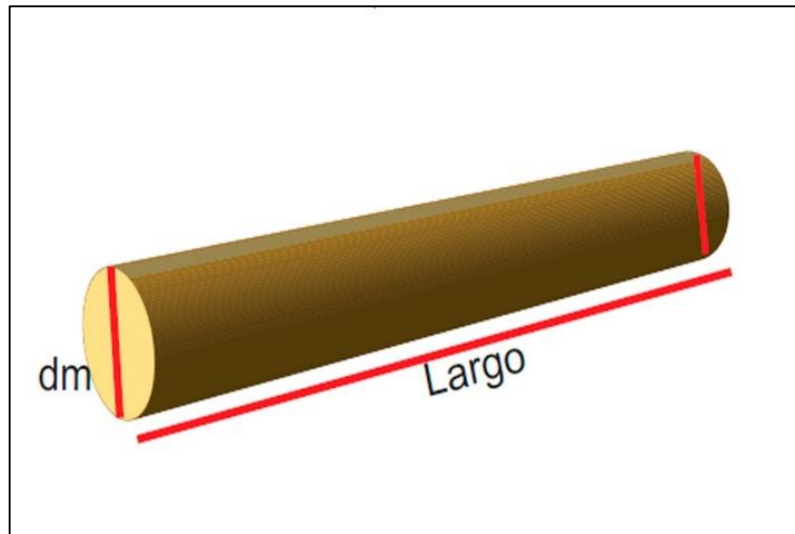


Figura 4. Transformación primaria

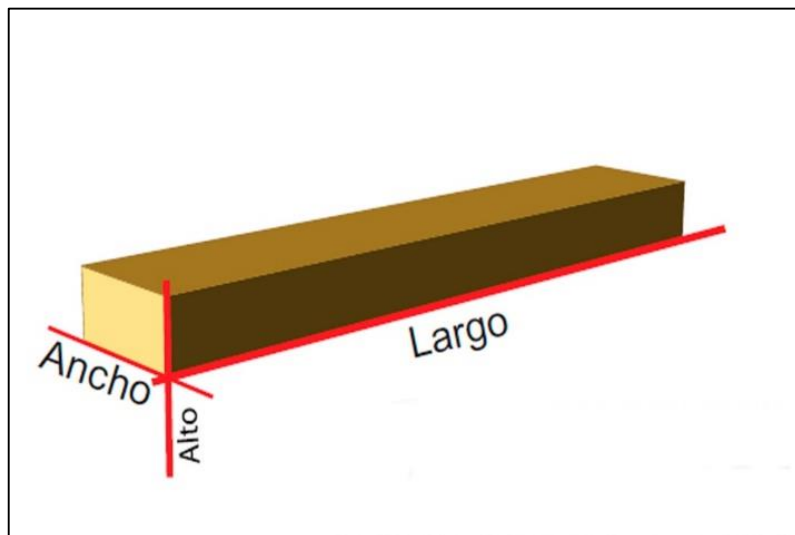


Figura 5. Transformación secundaria

1.2.5 El Eucalipto

Eucalipto en el Valle del Mantaro

Las primeras semillas australianas del eucalipto llegaron a Huancayo en 1864, traídas por el joven vaporino francés trotamundos: Françoise Lapierre Rousseau, tras un largo viaje que demoró más de seis meses, como después comentara con los descendientes de la familia que formó en “La Incontrastable”. Las primeras plantas brotaron y se aclimataron en el fundo “Miraflores” del distrito de Sapallanga, de la familia

Ráez Gómez, junto al fundo “Aguamiro” de la familia Granados, así como en el Pasaje “Muqui” del barrio de Pincha del entonces distrito de Chupaca, a orillas del río “Cunas”, donde muy pronto también surgió un chalet de estilo francés edificado por el inteligente extranjero, el cual fue demolido hace aproximadamente 50 años. Diez años antes, en 1854, París se había convertido en el semillero mundial entusiasta difusor del nuevo árbol que, como milagrosa “verde pólvora”, rápidamente empezaba a propagarse a todos los continentes del Globo (Samaniego Arauco, 2009).

Descripción de la madera de eucalipto

La madera es de color blanco grisáceo o crema pálido, grano medio, textura homogénea. Se utiliza en la construcción de pequeñas embarcaciones traviesas de ferrocarril, construcción y ebanistería, parquet, postes. Sirve también para la fabricación de celulosa. Árbol magnífico, espectacular y de elevada talla, llega a alcanzar los 70 m de altura y los 2 m de diámetro en nuestro país, aunque normalmente supera los 50 m de altura y los 1,50 m de diámetro medido a 1,30 m de altura sobre el suelo (denominada "altura normal" o "altura del pecho"). Estas enormes dimensiones se alcanzan en árboles de avanzada edad, aislados o en alineaciones, pero nunca en cultivos forestales, pues en éstos se cortan para su aprovechamiento maderero cuando todavía tienen dimensiones bastantes menores. La familia Madera eucalipto (*Eucalyptus globulus*), incluye las maderas aserradas y las rollizas. También las piezas comerciales cortadas de esta madera, tales como tablas, tablones, listones en diversas medidas. Excluye a los tableros contrachapados (triplay) de este material, así como a los postes. Los detalles técnicos son los siguientes (Ministerio de Economía y finanzas MEF, 2016, pág. 2).

Mediciones

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana 251.003: 2015, las medidas estarán dadas en milímetros para el espesor y el ancho, siendo la medida del largo expresada en metros. Para el caso del área, se expresará en metros cuadrados y el volumen en metros cúbicos. Siendo XX el espesor, YY el ancho, ambos expresados en mm (milímetros), y ZZ

el largo también en mm, (Ministerio de Economía y finanzas MEF, 2016, pág. 4)

$$A(m2) = \frac{a * l}{1000} \qquad V(m3) = \frac{e * a * l}{10^6}$$

Donde:

a = ancho en milímetros

l = longitud en metros

e = espesor en milímetros

1.2.6 El comportamiento dinámico

La mecánica es una rama de las ciencias físicas que se ocupa del estado de *reposo* o *movimiento* de los cuerpos frente a la acción de una fuerza. La ingeniería mecánica se divide en dos áreas de estudio, la estática y la dinámica. La *estática* se ocupa del equilibrio de un cuerpo que está en estado de reposo o que se mueve con velocidad constante. La *dinámica* se ocupa del movimiento acelerado de un cuerpo, para su comprensión se presenta en dos partes, la *cinemática* y la *cinética*. La *cinemática*, trata los aspectos geométricos del movimiento, y la *cinética* analiza las fuerzas que provocan el movimiento (Hibbeler, 2010, pág. 3).

Cuando las acciones externas: *viento* o *sismo* que básicamente son fuerzas que varían respecto al tiempo, el comportamiento de una estructura no es estático, sino que se considera dinámico, es decir, que la respuesta de la estructura también varía con el tiempo, es decir se inicia una acción de fuerza y seguido a ello se genera una reacción de comportamiento. Si aún cuerpo se le aparta de su posición de equilibrio estático, este generará una fuerza proporcional al desplazamiento inducido y tenderá a devolver la estructura a su posición inicial. Aparecerá, sobre ella la fuerza dinámica debida al producto de su masa por la aceleración que adquiera, esta aceleración deriva del movimiento (es la segunda derivada del desplazamiento con respecto al tiempo), por tanto, estará ligada a cómo se mueve la masa (E-struc, 2017).

Frecuencia

El movimiento de la masa en torno a la posición de equilibrio estático es una ley sinusoidal función del tiempo, es un movimiento vibratorio con frecuencia determinada denominada *frecuencia*

fundamental, dicha frecuencia “f” es un valor constante que depende de la relación entre la masa “m” y la rigidez del cuerpo “k”, según la expresión:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Esta frecuencia mide el número de vibraciones completas por unidad de tiempo, y su medida es el hercio (Hz). Su inversa, el tiempo que tarda en realizar un ciclo vibratorio completo, se denomina *periodo*, nombrado con “T”, y se mide generalmente en segundos (s). Así pues, sucederá que un cuerpo con gran *rigidez* y poca *masa*, tenderá a oscilar con frecuencia alta, mientras que un cuerpo de poca *rigidez* y con *masa* grande presentará frecuencias bajas, por ende oscilará lentamente (E-struct, 2017).

1.2.7 Análisis dinámico de las construcciones

El análisis de la respuesta de construcciones sometidas a las acciones de impactos en general y de sismos en particular requiere una evaluación de su comportamiento dinámico. La cuestión es por demás compleja en los casos reales. Por un lado, se tiene la realidad de la construcción misma, que pocas veces admite la representación con modelos teóricos suficientemente sencillos como para que el análisis sea posible con los medios disponibles. Por el otro se tiene la complejidad de la excitación que en el caso de impactos o de sismos es de características caóticas, tanto en lo que se refiere a la evolución de la acción en el tiempo como en lo que se refiere a la intensidad máxima que la misma puede tener y que tampoco admite esquematizaciones teóricas sencillas (Reboredo, 1996, pág. 5).

Diseño y análisis

Es innegable que la aplicación de los procedimientos de análisis *estático* o *dinámico*, resalte más sus dificultades y la cantidad espectacular de información que maneja de la estructura en análisis, con lo cual el proyectista tiende a sorprenderse por la cantidad y aparente precisión de los resultados. Por ello, es pertinente revisar una y otra vez al análisis de la estructura, predecir el comportamiento probable de la construcción sometida a las acciones que puedan ocurrir durante su vida

útil, con una precisión aceptable para garantizar la seguridad y a menor costo. El análisis de una estructura es una parte del diseño, el análisis dinámico o cualquier otro tipo debería ser utilizado como indicador del funcionamiento futuro, si es bueno para aceptar el diseño y, si es lo contrario modificarlo, es decir, la comprobación estará dado por el análisis ya sea dinámico u otro tipo. Antes de iniciar el análisis estructural deberá cumplirse la concepción de la estructura, la definición del sistema resistente y dimensionamiento de los mismo, los caminos para cumplir estos aspectos son variados y dependen principalmente de la experiencia y la maestría del proyectista; lo que se quiere destacar es que el método de análisis, por sí sólo, no mejora el comportamiento de una estructura mal concebido, solo puede, siempre que esté bien concebido, y mostrará los efectos. Entonces, es necesario que los métodos de análisis que se utilicen sean tomados con prudencia, en especial los más complejos. Por lo tanto el análisis debería servir para confirmar o rectificar un diseño en cuya gestación ya se tomaron la mayoría de las decisiones que definen el comportamiento de la construcción (Reboredo, 1996, pág. 6)

Respuesta estructural

El indicador apropiado para definir el comportamiento dinámico de una estructura se llama respuesta estructural, esencialmente viene a ser el estado de deformación, este último, determina la supervivencia o no de una edificación. Las solicitaciones o las tensiones que resultan de las deformaciones son indicadores teóricos que pueden ser más fáciles de manejar, pero solo indirectamente para el estado de seguridad de una construcción. En la práctica se pueden elegir distintos indicadores como respuesta estructural: *desplazamientos* de puntos escogidos, *fuerzas de inercia* equivalentes, *solicitaciones* en los componentes estructurales (Reboredo, 1996, pág. 7)

Gado de libertad

El concepto de grado de libertad está vinculado al de un movimiento (desplazamiento o giro) de un punto cualquiera de la construcción. Obviamente en una construcción hay infinitos puntos, pero sus movimientos no son independientes porque están vinculados por los

componentes de la estructura. En consecuencia, se considera grado de libertad a todo movimiento independiente de un punto de la construcción. Esta definición parece absoluta, pero al reflexionar un poco se advierte que es contingente ya que depende del propósito para el que se utilizará el “grado de libertad” (Reboredo, 1996, pág. 8).

Análisis dinámico

Toda estructura física real se comporta dinámicamente cuando se le aplica cargas o desplazamientos. Según la *segunda ley de Newton*, las fuerzas adicionales de inercia, son iguales a la masa multiplicada por la aceleración. Si las cargas o desplazamientos se aplican lentamente, las fuerzas de inercia pueden despreciarse, y se puede justificar un análisis estático (Wilson L., 2009, pág. 153).

Toda estructura real tiene potencialmente un número infinito de desplazamientos. Por lo tanto, la fase más crítica de un análisis estructural es crear un modelo de computadora con un número finito de elementos sin masa, y un número finito de desplazamientos nodales que simulan el comportamiento de la estructura real. La masa del sistema estructural, que puede ser estimada de manera precisa, se concentran en los nodos. También para estructuras elásticas lineales, las propiedades de rigidez de los elementos pueden ser aproximadas con un alto grado de confiabilidad mediante la ayuda de datos experimentales. Sin embargo, la carga dinámica, las propiedades de disipación de energía, y las condiciones de borde (fundaciones) para muchas estructuras son difíciles de estimar. Esto es cierto para los casos de eventos sísmicos o cargas de viento (Wilson L., 2009, pág. 153).

Para reducir los errores que pueden ser causados por las aproximaciones resumidas en el párrafo anterior, es necesario realizar muchos análisis dinámicos, utilizando diferentes modelos computarizados, condiciones de carga y de borde. No es irrealista llevar a cabo 20 o más análisis por computadora para diseñar una nueva estructura o para investigar opciones de reforzamiento para una estructura existente (Wilson L., 2009, pág. 154).

Escalas de magnitud

Con el fin de comparar los terremotos en todo el mundo, era necesaria una medición que no se basara en parámetros que varían considerablemente de una parte del mundo a otra, como los tipos de construcción. Por consiguiente, se desarrolló una serie de escalas de magnitud (Tarbuck & Luttgens, 2019).

Magnitud de Richter

En 1935 Charles Richter, del Instituto de Tecnología de California, desarrolló la primera escala de magnitud utilizando los registros sísmicos para calcular las dimensiones relativas de los terremotos. Como se muestra en la Figura 6, la escala de Richter se basa en la amplitud de la mayor onda sísmica (P, S u ondas superficial registrada en un sismógrafo). Dado que las ondas sísmicas se debilitan a medida que la distancia entre el foco sísmico y el sismógrafo aumenta (de una manera parecida a la luz), Richter desarrolló un método que considera la disminución de la amplitud de onda con el incremento de la distancia. En teoría, siempre que se utilizaren los mismos instrumentos, o unos equivalentes, todas las estaciones de control obtendrían la misma magnitud de Richter para cada terremoto registrado. (Richter seleccionó el sismógrafo Wood-Anderson como dispositivo de registro normalizado.) No obstante, en la práctica, las diferentes estaciones de registro a menudo obtenían magnitudes de Richter ligeramente diferentes para el mismo terremoto, como consecuencia de las variaciones en los tipos de roca a través de los cuales se desplazaban las ondas. Aunque la escala de Richter no tiene un límite superior la mayor magnitud registrada en un sismógrafo Wood-Anderson fue de 8,9. Estos grandes eventos liberaron aproximadamente 10²⁶ ergios de energía: equivalentes a la detonación de 1.000 millones de toneladas de TNT. A la inversa, los seres humanos no sentimos terremotos con una magnitud Richter inferior a 2,0. Con el desarrollo de instrumentos más sensibles, se han registrado temblores de magnitud de menos de 2 (Tarbuck & Luttgens, 2019).

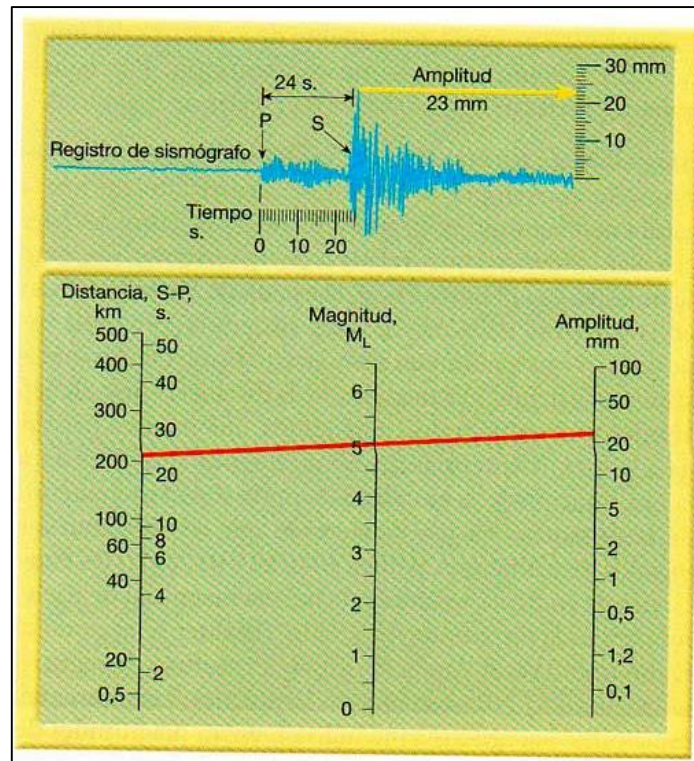


Figura 6. Abaco de Wood-Anderson para magnitudes de sismo.

Muestra cómo puede determinarse gráficamente la magnitud Richter de un terremoto utilizando un registro sismográfico procedente de un instrumento Wood-Anderson. En primer lugar, se mide la altura (amplitud) de la mayor onda en el sismograma (23 mm) y luego la distancia hasta el foco mediante el intervalo de tiempo entre las ondas S y P (24 segundos). A continuación, se dibuja una línea entre la escala de distancia (izquierda) y la escala de amplitud de onda (derecha), Así, deberíamos obtener la magnitud Richter (M_L) de 5. [Datos procedentes del instituto de Tecnología de California.]

Escala de Mercalli

Este mide los efectos reales que causa un terremoto. Una misma intensidad no genera las mismas consecuencias en diferentes lugares debido a la existencia de construcciones más resistentes o mucho menos resistentes de lo normal, este aspecto puede falsear la medición de la escala de Mercalli (Cooperativa.cl, 2015).

Cuadro 1
Escala de Mercalli

GRADO		DESCRIPCION
I	Muy débil	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
II	Débil	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios, donde los objetos suspendidos en el aire pueden oscilar levemente.
III	Leve	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente y la vibración es como la originada por el paso de un vehículo pesado.
IV	Moderado	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Provoca vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
V	Fuerte	Sacudida sentida casi por todo el mundo y algunas piezas de vajilla o vidrios de ventanas se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen de relojes de péndulo.
VI	Bastante fuerte	Sacudida sentida por todo mundo. Algunos muebles pesados cambian de sitio y provoca daños leves, en especial en viviendas de material ligero.
VII	Muy fuerte	Advertido por todos. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas. Sentido por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	Destructivo	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con

		derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras y los muebles pesados se vuelcan y produce cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que manejan vehículos motorizados.
IX	Ruinoso	Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos y el terreno se agrieta notablemente, mientras que las tuberías subterráneas se rompen.
X	Desastroso	Destrucción de algunas estructuras bien construidas; la mayor parte de las estructuras de piedra se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes.
XI	Muy desastroso	Casi ninguna estructura de madera o piedra queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Catastrófico	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel (ríos, lagos y mares). Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

(Fuente: Cooperativa.cl)

Cuadro 2
Escala de Richter

MANITUD	DESCRIPCION
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado.
3.5 a 5.4	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores.
5.5 a 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios.
6.1 a 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas.
7.0 a 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños.
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas.

(Fuente: Cooperativa .cl)

Cuadro 3
Intensidades típicas observadas

Escala de intensidad – Mercalli	Magnitud
I	1.0 – 3.0
II – III	3.0 – 3.9
III - IV	4.0 - 4.9
IV – V	5.0 – 5.9
V – VI	6.0 – 6.9
VI – VII	7.0 – 7.9
VII a VIII	8 – 8.9
VIII a <	9 - <

(Fuente: U.S. Geological Survey - USGS)

Tabla 1
Correlación intensidad vs aceleración

Escala de Mercalli (Intensidad)	Aceleración sísmica (g)	Velocidad sísmica (cm/s)	Percepción	Potencial de daño
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno
II - III	0.0017 – 0.014	0.1 – 1.1	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	1.1 – 3.4	Leve	Ninguno
V	0.039 – 0.047	3.4 – 8.1	Moderado	Muy leve
VI	0.047 – 0.065	8.1 – 16	Fuerte	Leve
VII	0.065 – 0.089	16 – 31	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.089 – 0.18	31 – 60	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.18 – 0.75	60 – 116	Violento	Fuerte
X+	0.75 - 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte

(Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España)

1.3 Definición de términos

Adobe (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017): “unidad de tierra cruda, que puede contener paja u arena gruesa para mejorar sus resistencia y durabilidad. Estos últimos también reciben el nombre de *aditivos naturales*, que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido” (pág. 4).

Arena (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017): es un material inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de rocas con tamaños que van de 0.08 mm a 0.50 mm, que se denomina *arena fina*, y de 0.60 mm a 4.75 mm, denominado *arena gruesa* (pág. 4).

Cargas sísmicas (Morales, 2015): “son las originadas por un sismo, tectónico o volcánico; inclusive sismos originados por la acción humana [sismos inducidos]” (pág. 3).

Deformación (Morales, 2015): la deformación de un elemento estructural se define como una alteración del estado físico debido a una fuerza mecánica externa, a una variación de temperatura, a un cedimiento de apoyos. La

deformación puede ser *elástica*, cuando desaparece al terminar la acción que lo produce, por lo que las partículas elementales del cuerpo vuelven a su posición inicial; y es *plástico*, cuando la deformación persiste después de desaparecer la causa que lo ha producido. Entonces, en el primer caso tiene un comportamiento elástico y en el segundo un comportamiento plástico (pág. 1).

Dúctil: es una propiedad que presentan algunos materiales, los cuales, bajo una acción de fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse. A los materiales que presentan esta propiedad se les denominan *dúctiles*. Aun que pueden llegar a romperse, esta rotura sólo se produce tras producir grandes deformaciones.

Extremo libre de muro (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017): “es el borde vertical u horizontal no arriostrado de un muro de adobe o tapia” (pág. 5)

Fisura o grieta estructural (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017): rajadura que se presenta en los muros de tierra producidas por cargas mayores a las que puede resistir el material, por gravedad, terremotos, accidentes u otros. Atraviesan los muros de lado a lado y pueden ser de espesores variables o invisibles al ojo humano. *Grieta* [abertura mayor a un milímetro], *Fisura* [abertura igual o menor de un milímetro] (pág. 5).

Hiladas (Blondet, Villa Garcia, & Brzev, 2003): “serie de unidades de adobe colocadas una tras otra horizontalmente, unidos con mortero de tierra denominado *barro*, cuyo objeto es construir muros” (pág. 9).

Mortero (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017): material de unión de los adobes en una albañilería. Debe ser de barro mezclado con paja o con arena gruesa y eventualmente con otras sustancias naturales espesas para controlar las fisuras del proceso de secado [cal, mucílagos de cactus, y otros comprobados] (pág. 5).

Muros (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017): los muros son los elementos *más importantes* en la resistencia, estabilidad y comportamiento sísmico de la estructura de una edificación de tierra reforzada. El diseño de los muros debe realizarse usando criterios basados en la resistencia, estabilidad y desempeño, complementariamente.” (pág. 13).

Nivel de riesgo (Norma para la evaluación de daño por sismo en estructuras y guía técnica de rehabilitación, 2001): parámetro utilizado para definir el nivel de peligro a la vida humana por la falla de un sistema estructural, los elementos estructurales o los elementos no estructurales (como la caída de objetos que se desprenden y caen, el desplome y volteo de objetos, etc.). Para este fin se asigna una calificación que depende de los resultados descritos en la evaluación inmediata (o de emergencia). El nivel de riesgo, puede calificarse en tres niveles: *peligro*, *precaución* y *seguro* (pág. 3).

Nivel de daño (Norma para la evaluación de daño por sismo en estructuras y guía técnica de rehabilitación, 2001): parámetro empleado para definir el nivel de daño físico de una estructura o de sus elementos constitutivos. En la guía para la evaluación inmediata del nivel de daño se distinguen tres niveles denominados *A*, *B*, y *C*, para el nivel de *daño menor*, *intermedio* y *grande*, respectivamente. En la guía de evaluación del tipo, nivel y distribución de daño se considera cinco niveles denominados en modo creciente como: *daño ligero*, *daño menor*, *daño medio*, *daño grave*, y *problema de estabilidad o falla* (pág. 4).

Nivel de daño y pérdida (Ministerio de construcción de Japón, 2001): “representa la condición y grado de deterioro de un elemento estructural. La clasificación del grado de deterioro se divide en cinco niveles, denominándose como I para el grado menor y V para el grado mayor de gravedad o de falla” (pág. 4).

Refuerzos (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017): elementos constituidos por materiales con alta capacidad de tracción, que sirven para controlar los desplazamientos de muros en caso de fisuras estructurales. Deben ser compatibles con tierra (material,) es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo, incluso durante las vibraciones que producen los sismos (pág. 5).

Resistencia (Morales, 2015): “es la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper. Depende de muchos factores entre los que destacan el material empleado, su geometría y el tipo de unión entre los elementos” (pág. 6).

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

- 1) El comportamiento dinámico de las viviendas de adobe a escala pequeña reforzados con madera de eucalipto es más resistente ante los movimientos telúricos de la tierra, en el distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, región Junín.

1.4.2 Hipótesis Específica(s)

- 1) La vivienda de adobe a escala pequeña reforzados con madera de eucalipto en cada dos hiladas tiene un comportamiento dinámico favorable.
- 2) Las viviendas de adobe a escala pequeña reforzados con madera de eucalipto en cada tres hiladas tienen un comportamiento dinámico medianamente menos favorable.
- 3) El comportamiento dinámico de las viviendas de adobe a escala pequeña reforzados en cada dos hiladas es más dúctil, y para la vivienda reforzado en cada tres hiladas medianamente dúctiles; para la vivienda sin refuerzo ha tenido un comportamiento frágil.

1.4.3 Definición conceptual de la variable

a) Variable independiente (X):

Refuerzo de varas de madera de eucalipto:

Refuerzos, son elementos constituidos por materiales con alta capacidad de tracción, que sirve para controlar los desplazamientos de muros en caso de fisuras estructurales. Deben ser compatibles con tierra (material), es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo, durante las vibraciones que producen los sismos (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2017, pág. 5).

Específicamente el refuerzo que se empleó, los autores lo definen, “trozo del árbol que ha sufrido un proceso de transformación primaria o secundaria y puede catalogarse según el grado de procesamiento: macizo, bloque, tabla, viga, cuartón, *vara* o *listón*, según su transformación” (Gutiérrez, R., Moreno, O., & Villota, E., 2013, pág. 14).

Los autores indican que, “el reforzamiento puede hacerse con cualquier material dúctil, incluyendo: caña, bambú, junco, parra, sogá, *madera*, malla de gallinero, malla de púas o barras de acero” (Blondet, Villa Garcia, & Brzev, 2003, pág. 13).

En el mercado local (aserraderos), se ha encontrado la madera de eucalipto aserrado de las siguientes medidas 3/4" x 2"x 10' llamado *chacla*, este puede reemplazar a los refuerzos en las viviendas a escala real. Las diferentes dimensiones de maderas aserradas son bastante conocidos por los maestros constructores, y en zonas que no se encuentra, ellos mismo labran las maderas para las sus construcciones.

b) Variable dependiente (Y):

Comportamiento dinámico de viviendas de adobe:

El comportamiento dinámico de una estructura viene a ser la respuesta estructural de la misma, expresados en desplazamientos o deformaciones de su estado físico por fuerzas o acciones de impacto tales como los sismos (Reboredo, 1996, pág. 5).

Cuando la acción externa [sismo], que básicamente es una fuerza que varía respecto al tiempo, el comportamiento de la estructura será dinámico, es decir, que la respuesta de la estructura también varía con el tiempo (E-struc, 2017).

1.4.4 Definición operacional de la variable

a) Variable independiente (X)

Refuerzo de varas de madera de eucalipto:

Madera de eucalipto aserrado de sección cuadrada: 1mm x1 mm, colocados en el interior de los muros a manera de cintas entre las hiladas embebidas en el mortero de barro.

b) Variable dependiente (Y)

Comportamiento dinámico de viviendas de adobe:

Es el desplazamiento o deformación de los muros de adobe, producto de una fuerza sísmica en la base de la vivienda.

1.4.5 Operacionalización de la variable

Para la medición de las variables se lista los indicadores, los cuales en su mayoría se registrará observaciones visuales de acuerdo a las tablas siguientes, que contienen a los indicadores o sub indicadores, agrupados en dimensiones, para las variables independiente y dependiente. Este cuadro permite organizar la actividad de observación de los efectos en la variable dependiente.

Cuadro 4
Operacionalización de variables

Variables	Indicador / sub indicador	Medición
<u>Var. Independiente (X):</u> Refuerzos de varas de madera de eucalipto	Dimensión: Cantidad de madera	
	Madera de sección 1 x 1 mm	ml/m ²
<u>Var. Dependiente (Y):</u> Refuerzos de varas de madera de eucalipto	Dimensión 1: Respuesta estructura:	Presencia/ausencia (se observa)
	Desplazamiento en eje "Y" en el vértice 1C	
	Desplazamiento en eje "X" en el vértice 1A	
	Dimensión 2: Fallas estructurales	
	Agrietamiento de muros en los amarres "L"	
	Agrietamiento de muros en los amarres "T"	
	Agrietamiento de muros en amarres "X"	
	Agrietamiento de muro con vanos	
	Agrietamiento de muro sin vanos	
	Inclinación de muros en los amarres "L"	
	Inclinación de muros en los amarres "T"	
	Inclinación de muros en amarres	
	Inclinación de muro con vanos	
	Inclinación de muro sin vanos	
	Volcamiento de muros en los amarres "L"	
Volcamiento de muros en los amarres "T"		
Volcamiento de muros en amarres "X"		
Volcamiento de muro con vanos		

	Volcamiento de muro sin vanos	Presencia/ ausencia
	desintegración de muros en los amarres "L"	
	Desintegración de muros en los amarres "T"	
	Desintegración de muros en amarres "X"	
	Desintegración de muro con vanos	
	Volcamiento de muro sin vanos	

(Elaboración propia)

Cuadro 5
Operacionalización de variables para comparativo

Variables	Indicador / sub indicador	Medición	En tres hiladas	En dos hiladas
<u>Var. Independiente</u> (X): Refuerzos de varas de madera de eucalipto	Dimensión: Cantidad de madera			
	Madera de sección 1 x 1 mm		ml/m2	
<u>Var. Dependiente</u> (Y): Refuerzos de varas de madera de eucalipto	Dimensión 1: Respuesta estructura:			
	Desplazamiento en eje "Y" en el vértice 1C	Presencia/a usencia (se observa)	Sí	No
	Desplazamiento en eje "X" en el vértice 1A			
	Dimensión 2: Fallas estructurales			
	Agrietamiento de muros en los amarres "L"			
	Agrietamiento de muros en los amarres "T"			
	Agrietamiento de muros en amarres "X"			
	Agrietamiento de muro con vanos			
	Agrietamiento de muro sin vanos			
	Inclinación de muros en los amarres "L"			

	Inclinación de muros en los amarres "T"			
	Inclinación de muros en amarres			
	Inclinación de muro con vanos			
	Inclinación de muro sin vanos			
	Volcamiento de muros en los amarres "L"			
	Volcamiento de muros en los amarres "T"			
	Volcamiento de muros en amarres "X"			
	Volcamiento de muro con vanos			
	Volcamiento de muro sin vanos			
	desintegración de muros en los amarres "L"			
	Desintegración de muros en los amarres "T"			
	Desintegración de muros en amarres "X"			
	Desintegración de muro con vanos			
	Volcamiento de muro sin vanos			

(Elaboración propia)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

1.1 Método de investigación

1.1.1 Método general de la investigación

El método general empleado en la investigación fue el método científico, según (Borja Suárez, 2016), es el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales que tienen como objetivo la comprobación empírica de un planteamiento (hipótesis), que permitirá la interpretación de la realidad; sin embargo sus conclusiones no pueden tomarse como una verdad absoluta (pág. 10).

El método científico generalmente tiene los siguientes grandes pasos de acuerdo a (Borja Suárez, 2016) son:

- a) Reflexión sobre la realidad problemática
- b) Planteamiento del problema de investigación (Pregunta de investigación)
- c) Formulación de la hipótesis
- d) Demostración de la hipótesis
- e) Conclusiones

Para la demostración (contrastación) de la hipótesis, la secuencia lógica para intentar demostrarla sería la siguiente según (Borja Suárez, 2016):

- a) Plantear la estrategia para demostrar la hipótesis
- b) Operacionalización de las variables sub variables, indicadores
- c) Medición de las variables mediante pruebas empíricas (recolección de datos)
- d) Análisis y sistematización de los datos
- e) Verificación de la hipótesis verdadera o hipótesis falsa
- f) Conclusiones y generalización de resultados

1.1.2 Método específico de la investigación

Los métodos específicos que se utilizaron en la investigación fueron el inductivo, Según (Borja Suárez, 2016), el método inductivo crea leyes teóricas a partir de la observación de los hechos, generalizando el comportamiento particular observado en una muestra.

También es analítico – sintético, según (Borja Suárez, 2016), este descompone el objeto o los hechos de estudio para llegar al conocimiento para luego integrarlas dichas partes.

En términos de (Sanchez y Reyes, 2009), se utilizarán los métodos de control como la manipulación física para someter a todas las unidades experimentales a igual exposición de la variable independiente.

1.2 Tipo de investigación

Para establecer la tipología de la investigación se utilizó la clasificación propuesta por (Borja Suárez, 2016):

- Por su finalidad, la investigación es aplicada, busca modificar la realidad problemática identificada.
- De acuerdo a la metodología para demostrar la hipótesis, la investigación es experimental. En la investigación se ha manipulado deliberadamente la variable independiente refuerzos de madera y su efecto en el comportamiento dinámico de la vivienda de adobe (estímulo – efecto).

1.3 Nivel de investigación

La investigación es de nivel descriptivo - explicativo, Describe el comportamiento dinámico y explica por qué los refuerzos utilizados mejoran el comportamiento dinámico de los muros de la vivienda de adobe a escala pequeña 1:20.

1.4 Diseño de la investigación

Para la verificación de la hipótesis planteada, la investigación utilizó el diseño experimental, pues se manipulará la variable independiente (X) y la medición variable dependiente (Y).

La investigación consistirá en las tres siguientes experimentaciones:

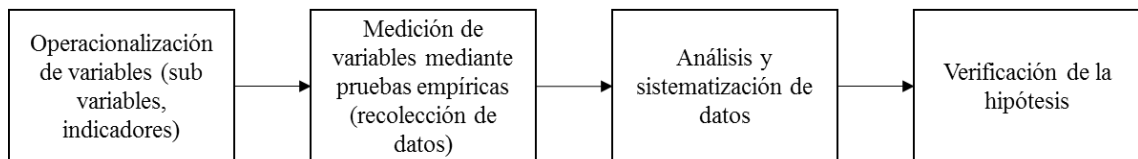
Experimento1: $(X_0 \text{ -----} \rightarrow Y_1)$

Experimento2: $(X_1 \text{ -----} \rightarrow Y_2)$

Experimento3: (X_2 -----> Y_3)

Cuando aparecen las causas X_0 (sin refuerzo) habrá un efecto Y_1 (Respuesta estructural), y X_1 (refuerzo en cada dos hiladas) habrá un efecto Y_2 (Respuesta estructural), y X_2 (refuerzo en cada tres hiladas) habrá un efecto Y_3 (Respuesta estructural).

El paso a seguir para demostración de la hipótesis se aprecia en el siguiente esquema:



1.5 Población y muestra

1.5.1 Población o universo

En la investigación la población o universo está dado por 1617 viviendas de adobe y tapia, en el distrito de Pariahuanca (INEI, 2018)

1.5.2 Muestra

Por las características del estudio se realizó el muestreo no probabilístico, siendo la muestra una vivienda de adobe a escala pequeña (1:20).

En las muestras no probabilísticas no es posible calcular el error estándar, así como el nivel de confianza, con el cual se hace la estimación. Sin embargo, en estudios cualitativos la selección de la muestra está sujeta al criterio del investigador (Borja Suárez, 2016).

1.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1.6.1 Técnicas

Para dar respuesta a la pregunta de investigación, se ha utilizado como técnica de recolección de información la *observación científica*, que consistió en ver o experimentar de manera cuidadosa, planificada, teniendo en cuenta los objetivos, el objeto, el sujeto de la observación, los medios con que se realizaron.

1.6.2 Instrumentos de recolección de datos

El instrumento empleado fue una *guía de observación*, formulada en base a las variables de las hipótesis a comprobar. Para el registro de la información

se empleó el formato de guía de observación, y lápiz. Para la complementación del registro de datos se utilizó cámara fotográficas y cámara de video.

Cuadro 6
Plantilla de instrumento de medición

Variables	Indicador / sub indicador	Medición	Valoración
<u>Var. Independiente</u> (X): Refuerzos de varas de madera de eucalipto	Cantidad de madera	ml/m2	En cada: dos hiladas, tres hiladas
<u>Var. Dependiente</u> (Y): Comportamiento dinámico	Respuesta estructura:		
	Desplazamiento del vértice 1C eje X	mm	
	Desplazamiento del vértice 1A eje Y	mm	
	Daño estructural:		
	Agrietamiento de muros en los amarres "L", en A1,A4, C1 y C4.	Si () No ()	
	Agrietamiento de muros en los amarres "T", en A2, A3, C2 y C3.	Si () No ()	
	Agrietamiento de muros en amarres "X", en B2 y B3.	Si () No ()	
	Agrietamiento de muro con vanos: Eje A: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje B: 2-3 Eje C: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje 2: A-B y B-C Eje 3: A-B y B-C	Si () No ()	
	Agrietamiento de muro sin vanos: Eje B: 1-2 y 3-4 Eje 1: A-B, B-C Eje 4: A-B y B-C	Si () No ()	
	Inclinación de muros en los amarres "L", en A1,A4, C1 y C4.	Si () No ()	

	Inclinación de muros en los amarres "T", en A2, A3, C2 y C3.	Si () No ()	
	Inclinación de muros en amarres "X", en B2 y B3.	Si () No ()	
	Inclinación de muro con vanos: Eje A: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje B: 2-3 Eje C: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje 2: A-B y B-C Eje 3: A-B y B-C	Si () No ()	
	Inclinación de muro sin vanos: Eje B: 1-2 y 3-4 Eje 1: A-B, B-C Eje 4: A-B y B-C	Si () No ()	
	Volcamiento de muros en los amarres "L", en A1, A4, C1 y C4.	Si () No ()	
	Volcamiento de muros en los amarres "T", en A2, A3, C2 y C3.	Si () No ()	
	Volcamiento de muros en amarres "X", en B2 y B3.	Si () No ()	
	Volcamiento de muro con vanos: Eje A: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje B: 2-3 Eje C: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje 2: A-B y B-C Eje 3: A-B y B-C	Si () No ()	
	Volcamiento de muro sin vanos: Eje B: 1-2 y 3-4 Eje 1: A-B, B-C Eje 4: A-B y B-C	Si () No ()	
	desintegración de muros en los amarres "L", en A1, A4, C1 y C4.	Si () No ()	
	Desintegración de muros en los amarres "T", en A2, A3, C2 y C3.	Si () No ()	
	Desintegración de muros en amarres "X", en B2 y B3.	Si () No ()	

	Desintegración de muro con vanos: Eje A: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje B: 2-3 Eje C: 1-2, 2-3 y 3-4 Eje 2: A-B y B-C Eje 3: A-B y B-C	Si () No ()	
	Volcamiento de muro sin vanos: Eje B: 1-2 y 3-4 Eje 1: A-B, B-C Eje 4: A-B y B-C	Si () No ()	

(Elaboración propia)

1.7 Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se ha realizado haciendo uso del programa computacional Microsoft Word, para plasmar el comportamiento de los indicadores de la variable dependiente en texto ordenado y sistematizado para obtener información sistematizada.

1.8 Técnicas y análisis de datos

Para el proceso de extracción de información se ha utilizado como técnica la observación directa en base a la guía de observación, este se ha apoyado con el análisis de imágenes como fotografías, y video, imágenes que han registrado en el momento de las pruebas de laboratorio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

La investigación experimental consistió en experimentar viviendas a escala de adobe con refuerzos en el interior de sus muros, consistentes en madera de eucalipto. Como unidad experimental se ha tenido una vivienda de adobe, construido a escala 1:20, en ella se han experimentado los refuerzos de madera colocados en cada *dos hiladas*, en cada *tres hiladas*, y una sin refuerzo, dichos refuerzos también han sido preparados a escala.

Para ello se han construido tres réplicas de la misma unidad experimental, para ensayar los refuerzos contemplados en el párrafo anterior, tal como sigue:

- Vivienda N°1 (vivienda de adobe sin refuerzo)
- Vivienda N° 2 (vivienda de adobe con refuerzo en cada *dos hiladas*)
- Vivienda N° 3 (vivienda de adobe con refuerzo en cada *tres hiladas*)

4.1.1 Unidad experimental

A) Descripción general del prototipo

La unidad experimental consistió en una vivienda de adobe a escala con las siguientes características:

Material de construcción:	Tierra cruda
Espesor de muros	: 0.30 m
Altura de muros	: 2.10 m
Área de construcción	: 64.30 m ²
Perímetro	: 32.46 m
Cobertura propuesta	: Liviana (calamina y madera)

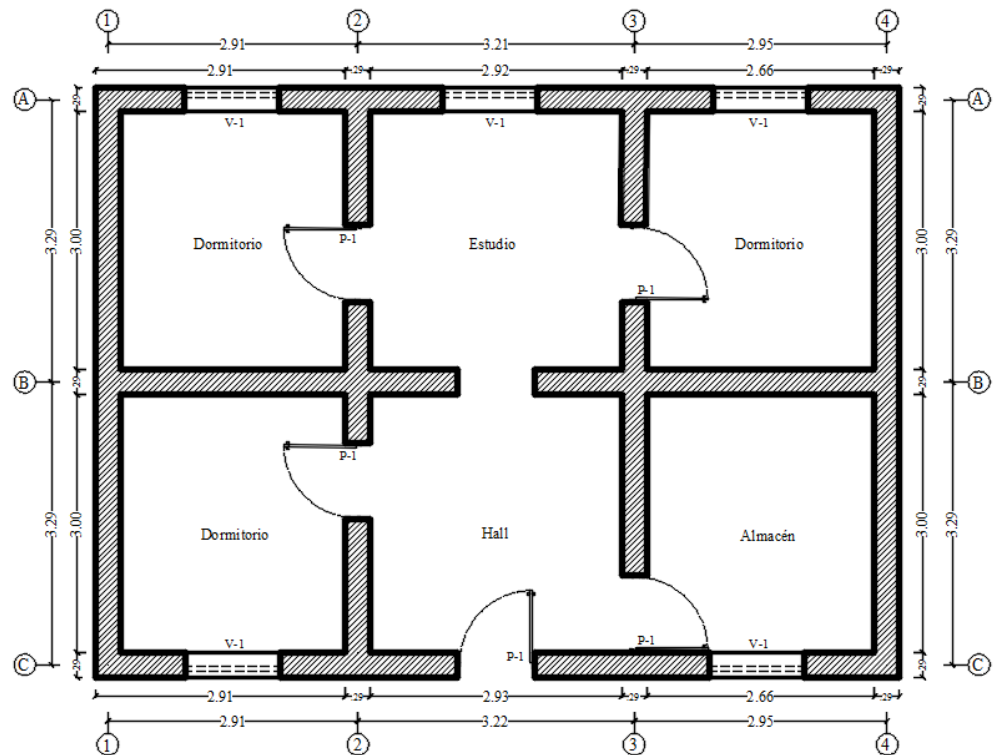


Figura 7. Distribución arquitectónica

En cuanto a la distribución arquitectónica el prototipo, está compuesta por tres dormitorios, un almacén, un estudio, y un Hall. En lo referente a la cocina y los servicios higiénicos, por costumbres propias de familias de la zona, acostumbran ubicar la cocina como ambiente aparte a media agua, porque utilizan como combustible para cocer sus alimentos la leña. El servicio higiénico también está suele ubicarse fuera del ambiente principal debido a que el servicio de desagüe no está masificado y utilizan silos.

B) Materiales

- a. **Base de madera**, este sirve como remplazo de la cimentación natural de la vivienda simulando el suelo natural, este se anclará con pernos a la plataforma del equipo electromecánico hexápodo (mesa vibratoria).



Figura 8. Zanja de cimentación de madera.

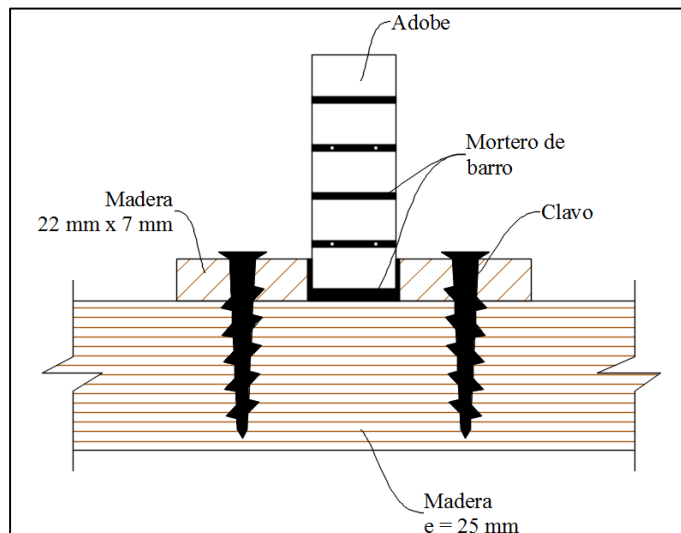


Figura 9. Detalle de zanja de madera.

- Madera: 600 mm x 420 mm x 25 mm
 - Madera: 22 mm x 7 mm
 - Tornillos: 3/4", e = 6 mm.
- b. **Muros**, para la construcción de los muros se han utilizado adobes de tierra construidas a escala, estas tienen las dimensiones de 0.30 m x 0.40 m y de espesor 0.12 m; el otro componente ha sido el mortero de barro. Ambos se han elaborado con barro preparado con antelación.

c. **Madera**, se ha empleado madera aserrado de eucalipto para dinteles en los vanos de puertas, ventanas y como refuerzo en el interior de los muros.

C) Construcción del prototipo

Ha consistido en elaborar las tres réplicas del prototipo, la única diferencia ha sido los refuerzos colocados en ellos. Se han colocado sobre la base de madera que ha hecho de cimentación, se han ido colocando los adobes en hiladas uniéndolos con el mortero de barro de acuerdo al plano. Con dicho proceso constructivo se han formado los muros, los amarres en “L, T y X”. También, se han colocado los dinteles para los vanos de puertas y ventanas, y los refuerzos se han colocado como corresponde en cada réplica del prototipo.



Figura 10. Preparación de barro.



Figura 11. Adobe en proceso de secado.



Figura 12. Proceso constructivo de muros.



Figura 13. Colocación de refuerzo de madera en los muros.



Figura 14. Disposición de refuerzos de madera en los muros.



Figura 15. Colocación de dinteles en los vanos.

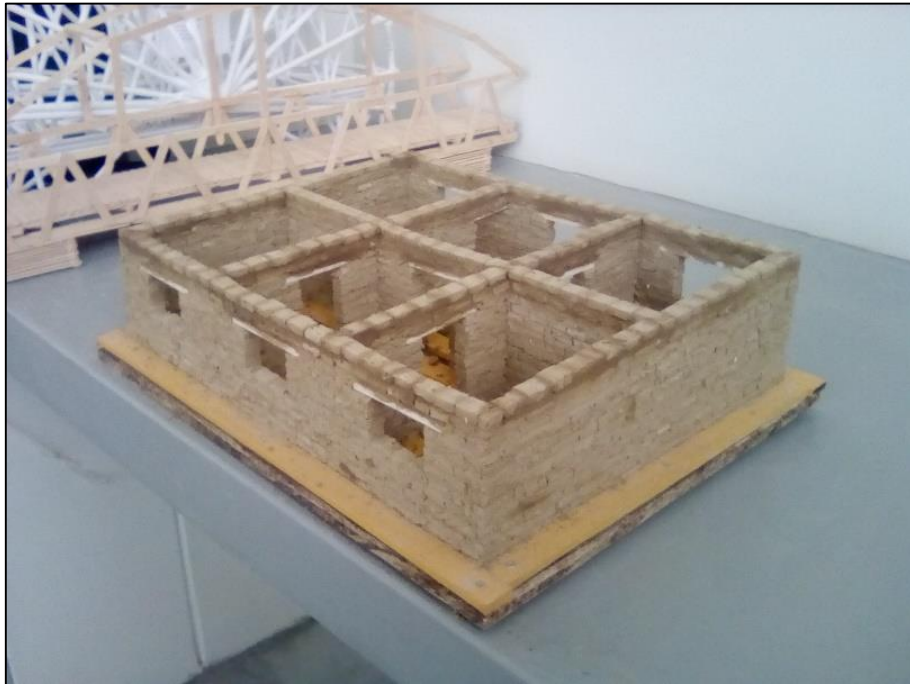


Figura 16. Estructura de muros terminados.

D) VIVIENDAS A ESCALA

las viviendas a escala a ensayar consistieron en tres viviendas, con unas mismas dimensiones físicas, mismo tipo de material y distribución arquitectónica idénticas.

Tabla 2
Características de las viviendas

Vivienda	Escala	Material	Refuerzo de madera	
N° 1	1:20	Adobe y	Sin refuerzo	0.00 ml
		mortero de tierra cruda		
N° 2	1:20	Adobe y	Con refuerzo en cada tres hiladas	362.82 ml
		mortero de tierra cruda		
N° 3	1:20	Adobe y	Con refuerzo en cada dos hiladas	638.96 ml
		mortero de tierra cruda		

(Elaboración propia)

E) ENSAYOS EN LABORATORIO

Las viviendas a escala se han sometido a movimientos vibratorios en una mesa vibradora, denominado hexápodo electromecánico en el laboratorio de estructuras de la facultad de ingeniería, los movimientos generados por el equipo hexápodo electromecánico han sido en los ejes Y y X.

Para que la mesa vibradora genere estos movimientos, se requiere alimentar a través de su propio software computacional los siguientes parámetros: frecuencia y amplitud.

Tabla 3
Componentes de la vibración

Movimientos vibratorios	Amplitud (mm)	Frecuencia en hercios (Hz)	Tiempo de vibración prueba en segundos (s)
1°	0.25	8.0	15
2°	0.30	8.0	15
3°	0.40	8.0	15
4°	0.50	8.0	15
5°	0.75	8.0	15

(Elaboración propia)

F) PROCESO DE ENSAYO

Inicio de ensayo

Cada una de las viviendas han sido ensayadas en la mesa vibratoria. La mesa vibratoria inicia con un movimiento vibratorio de amplitud de 0.25 mm, por un tiempo de 15 segundos; en seguida se le ensaya un segundo movimiento vibratorio con una amplitud de 0.30 mm; por otros 15 segundos posteriormente a 0.40 mm, 0.50 mm y finalmente se ensayó a 0.75 mm, con una frecuencia de 8 hercios para cada ensayo, estos ensayos de movimientos tienen una duración de 15 segundos por movimiento vibratorio.

Fin de ensayo

El fin de ensayo terminó cuando la vivienda ensayada colapse, ya sea en el segundo, tercer o último movimiento vibratorio.

G) APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS (GUÍA DE OBSERVACIÓN) ANTES DE LOS ENSAYOS

Antes de los ensayos, las viviendas conservan las todas sus características físicas intactas, no presentan fisuras inclinaciones u otros daños en sus estructuras.

4.2 Resultado por objetivos

4.2.1 Descripción de los datos de comportamiento dinámico

Primeramente, obtenido las viviendas de adobe con sus respectivos refuerzos con madera de eucalipto, así como, la vivienda sin refuerzo, se prosiguieron a realizarse los ensayos en el laboratorio de estructuras, específicamente en el equipo hexápodo electromecánico, el cual ha generado los movimientos de vibración de acuerdo a la amplitud y frecuencia establecidos con antelación.

La obtención de los datos se realizó aplicando la guía de observación, el cual contuvo 22 ítems, este es parte del estudio adjuntado en los anexos, estos están incluidos en la dimensión denominado *respuesta estructural y daño estructural*.

Cuadro 7
Dimensiones de variable dependiente

N°	Dimensiones	Ítems
1	Respuesta estructural	1, 2
2	Fallas estructurales	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, y 22

(Elaboración propia)

4.2.2 Descripción de los resultados

Ensayo de vivienda N° 1 (testigo)

En la dimensión 1 *respuesta estructural*, se ha observado que después del ensayo en la mesa vibratoria a una amplitud de 0.25 y 0.30 mm, frecuencia 8.0 Hz, y una duración de 15 segundos, la vivienda de adobe ha tenido una respuesta estructural favorable. A simple vista los desplazamientos en los vértices 1A (desplazamiento en eje “X”), y vértice 1C (desplazamiento en eje “Y”), no se percibieron, así como en la grabación de imagen. Este aspecto, de no lograr observar la magnitud del desplazamiento, es probable porque los ensayos son pequeños, el registro visual en pleno movimiento vibratorio es difícil de observar. La rápida aparición de fisuras confirma que el material (tierra cruda) es muy frágil y resistencias a tensión muy pequeño y han ocurrido en tiempos bastante cortos.

Tabla 4
Comportamiento dinámico de vivienda N° 1 (testigo)

Vivienda N° 2	Amplitud (mm)	Desplazamiento en eje “X” vértice (1A)	Desplazamiento en eje “Y” vértice (1C)
No lleva reforzamiento	0.25	Imperceptible	Imperceptible
	0.30	Imperceptible	Imperceptible
	0.40	Falla estructural	Falla estructural
	0.50	Falla estructural	Falla estructural
	0.75	Falla estructural	Falla estructural

(Elaboración propia)

Se ha podido observar a bloques de muros que oscilaban independientemente tras de separarse de la estructura, esto demuestra que, los muros de adobe tienen resistencia a la flexión, por lo menos pequeña, esto se ha podido observar en los muros del eje 1 tramo A-B y B-C.

En la dimensión 2: (daños estructurales), estos no han ocurrido en las dos primeras amplitudes de honda aplicados (0.25, 0.30 mm). Este aspecto demuestra que sin refuerzos las viviendas no pueden absorber esfuerzos externos relevantes.

Tabla 5
Falla estructural de vivienda N° 1 (testigo)

Vivienda N° 2	Amplitud (mm)	Presencia de daño estructural
No lleva reforzamiento	0.25	no
	0.30	no
	0.40	Fallas estructurales
	0.50	
	0.75	

(elaboración propia)

Para amplitud de 0.40 mm, ha ocurrido volcamiento total, iniciándose en los muros de eje 4, tras de él ocurrieron volcamiento de muros uno tras otro

Cuadro 8
Aceleraciones vivienda N° 1 (testigo)

	Ensayo		T= 1/f (s)	W=2π/T (rad/s)	Amax=W²A/20 (m/s²)
	Amplitud (mm)	Frecuencia (Hz)			
1°	0.25	8	0.125	50.26	0.0316
2°	0.30	8	0.125	50.26	0.0379
3°	0.40	8	0.125	50.26	0.0505

(Elaboración propia)



Figura 17. Medición de desplazamiento en vivienda N° 1 (testigo).



Figura 18. Falla estructura de vivienda N° 1 (testigo), a una amplitud de 0.40 mm y frecuencia de 8 hercios de vibración.

Para la amplitud de 0.40 mm y 8 hercios de frecuencia, la vivienda ha sufrido colapso de más del 85% de muros. También se ha observado que los amarres de muros en “L” son más vulnerables, que los amarres en “T” y “X”.

Es evidente que los refuerzos de madera en el interior de los muros dispuestos horizontalmente confieren mejor resistencia a los muros.

Respecto al objetivo específico 1 (vivienda N° 3)

En la dimensión 1 (*respuesta estructural*), se ha observado que después del ensayo en la mesa vibratoria a una amplitud de 2.5 cm, frecuencia 8 Hz, y una duración de 15 segundos, la vivienda de adobe ha tenido una respuesta estructural favorable. A simple vista los desplazamientos en los vértices 1A (desplazamiento en eje “X”), y vértice 1C (desplazamiento en eje “Y”), no se percibieron a simple vista, así como en la grabación de imagen. Este aspecto, de no lograr observar la magnitud del desplazamiento, es probable porque los ensayos son pequeños, el registro visual en pleno movimiento vibratorio es difícil de observar.

Tabla 6
Comportamiento dinámico de vivienda N° 3

Vivienda N° 3	Amplitud (cm)	Desplazamiento en eje “X” vértice (1A)	Desplazamiento en eje “Y” vértice (1C)
Lleva	0.25	Imperceptible	Imperceptible
reforzamiento	0.30	Imperceptible	Imperceptible
de madera en	0.40	Imperceptible	Imperceptible
cada dos	0.50	Imperceptible	Imperceptible
hiladas	0.75	Imperceptible	Imperceptible

(Elaboración propia)

En la tabla anterior podemos observar que para amplitudes de 0.30, 0.40 y 0.50, los desplazamientos en el eje X, no se han podido percibir. Esto implica que los reforzamientos de madera que están colocados horizontalmente no han permitido desplazamiento horizontalmente en el eje X, es probable ocurre en el eje Y, puesto que la vivienda no ha sufrido inclinaciones o desplome de muros. Sin embargo, en el registro de las imágenes se puede observar que se ha generado desplazamientos en el eje Z en el vértice 1A (ubicación en plano de planta), este desplazamiento

se justifica en base de que en el eje Z no se han colocado refuerzos, por ende, se han registrado estos desplazamientos.

En la dimensión *daños estructurales*, se ha observado después del ensayo con amplitud 0.75 mm, el colapso de la parte superior de los muros ubicados en el plano vértice 4C la hilera superior ha sufrido desprendimiento de los adobes, en la misma ubicación pero en la parte inferior se ha registrado una fisura horizontal que va desde el vértice 4C hacia el punto 3C y en el otro sentido de 4C hacia 4B, la parte superior, por encima de la fisura el muro se desplaza en el eje Z en dicho vértice, este debido a que no se han colocado refuerzos en el eje Z. este aspecto implica que los refuerzos han cumplido la función de rigidizar los muros de la vivienda.

En el vértice 4A, se ha registrado el desprendimiento de un adobe en la parte inferior, el cual no se había previsto en la guía de observación. También, se ha registrado el desprendimiento de un adobe de la parte superior del muro en la ubicación en el plano 1A. Otro desprendimiento ha ocurrido en un muro con vano con vano (puerta), ubicado en el plano eje B, tramo 2-3, en la parte superior involucrando a las dos hiladas de la parte superior.

Finalmente, hecho una observación integral de la edificación, se considera que la vivienda ha sufrido fisuras horizontales, y desprendimiento de adobes de la parte superior.

Tabla 7
Falla estructural de vivienda N° 3

Vivienda N° 3	Amplitud (mm)	Presencia de daño estructural
Lleva	0.25	no
reforzamiento	0.30	no
de madera en	0.40	no
cada dos	0.50	no
hiladas	0.750	parcial

(Elaboración propia)

Cuadro 9
Aceleración vivienda N° 3

Ensayo		Frecuencia (Hz)	T= 1/f (s)	W=2π/T (rad/s)	Amax=W ² A/20 (m/s ²)
	Amplitud (mm)				
1°	0.25	8	0.125	50.26	0.0316
2°	0.30	8	0.125	50.26	0.0379
3°	0.40	8	0.125	50.26	0.0505
4°	0.50	8	0.125	50.26	0.0632
5°	0.75	8	0.125	50.26	0.0947

(Elaboración propia)



Figura 19. Regla de medición de desplazamiento en eje X, en vivienda N° 3. (Ref. c/3 hiladas)



Figura 20. Supervivencia de vivienda N° 3 a una amplitud de 0.75 mm y frecuencia de 8 hercios de vibración.

Respecto al objetivo específico 2 (vivienda N° 2)

En la dimensión 1 *respuesta estructural*, se ha observado que después del ensayo en la mesa vibratoria a una amplitud de 0.25 mm, frecuencia 8 Hz, y una duración de 15 segundos, la vivienda de adobe ha tenido una respuesta estructural favorable. A simple vista los desplazamientos en los vértices 1A (desplazamiento en eje "X"), y vértice 1C (desplazamiento en eje "Y"), no se percibieron a simple vista, así como en la grabación de imagen. Este aspecto, de no lograr observar la magnitud del desplazamiento, es probable porque los ensayos son pequeños, el registro visual en pleno movimiento vibratorio es difícil de observar.

Tabla 8
Comportamiento dinámico de vivienda N° 2

Vivienda N° 2	Amplitud (mm)	Desplazamiento en eje "X" vértice (1A)	Desplazamiento en eje "Y" vértice (1C)
Lleva	0.25	Imperceptible	Imperceptible
reforzamiento	0.30	Imperceptible	Imperceptible
de madera en	0.40	Imperceptible	Imperceptible
cada tres	0.50	Imperceptible	Imperceptible
hiladas	0.75	Falla estructural	Falla estructural

(Elaboración propia)

Sin embargo, se ha podido registrar un desplazamiento bastante marcado del muro que se ubica en el punto (2C) que comprende los tramos 1-2 y 2-3 en el eje C, tras perder la parte superior del muro que se ubica en el eje 2 tramo B-C, Ha una amplitud de movimiento de 0.50 mm y 8 hercios.

En la dimensión 2: daños estructurales, estos no han ocurrido en las tres primeras amplitudes de honda aplicados (0.25, 0.30 y 0.40 mm). Este aspecto demuestra que los refuerzos han contribuido a absorber cargas generadas por los movimientos vibratorios.

Tabla: daño estructural

Tabla 9
Falla estructural de vivienda N° 2

Vivienda N° 2	Amplitud (mm)	Presencia de daño estructural
Lleva	0.25	no
reforzamiento	0.30	no
de madera en	0.40	no
cada tres	0.50	Falla estructural
hiladas	0.75	Falla estructural

(Elaboración propia)

Para amplitud de 0.50 mm, ha ocurrido volcamiento parcial en los muros ubicados en el eje 2 tramo B-C (volcamiento de la parte superior

del muro, incluido el dintel de puerta) y otro muro ubicado en el eje B tramo 2-3 (volcamiento de la parte superior del muro incluido dintel de puerta).

Cuadro 10

Aceleraciones vivienda N° 2

Ensayo			T= 1/f (s)	W=2π/T (rad/s)	Amax=W ² A/20 (m/s ²)
	Amplitud (mm)	Frecuencia (Hz)			
1°	0.25	8	0.125	50.26	0.0316
2°	0.30	8	0.125	50.26	0.0379
3°	0.40	8	0.125	50.26	0.0505
4°	0.50	8	0.125	50.26	0.0632

(Elaboración propia)



Figura 21. Regla de medición de desplazamiento en eje X, en vivienda N° 2.



Figura 22. Sobrevivencia de vivienda N° 2 a una amplitud de 0.50 mm, y frecuencia de 8 hercios de vibración.



Figura 23. Falla estructura de vivienda N° 2, a una amplitud de 0.75 mm y frecuencia de 8 hercios de vibración.

Para la amplitud de 0.75 mm y 8 hercios de frecuencia, la vivienda ha sufrido colapso de más del 90% de muros. También se ha observado que los amarres de muros en “L” son más vulnerables, que los amarres en “T” y “X”.

Desde una perspectiva más general, los refuerzos han contribuido con rigidizar los muros y la estructura en general, puesto que, han soportado una amplitud de 0.50 mm con una frecuencia de 8 hercios.

Respecto al objetivo específico 3 (Comparativo)

Para el comparativo se estableció dos parámetros, los más lógicos son: la variable independiente, que viene dado por la cantidad de refuerzo de madera eucalipto por metro cuadrado de muro; y el otro parámetro la variable dependiente dado por el comportamiento dinámico de las unidades experimentales (viviendas N° 1, 2 y 3). Si bien, a simple vista y grabado en video no se aprecia el comportamiento dinámico en los ensayos. Pero es evidente que al ejercer una fuerza externa que se incrementa gradualmente y la estructura viene absorbiendo, hasta que este falle el cual indica que la estructura ya no tendió a devolverse a su posición original (E-struc, 2017), por ello, para definir cuál de las viviendas tuvo un mejor comportamiento dinámico, se determinó por la sobrevivencia estructural, de acuerdo se le va incrementando la amplitud de onda de la oscilación.

Cuadro 11

Sobrevivencia estructural de las viviendas

Viviendas ensayadas	Amplitud (mm)				
	0.25	0.30	0.40	0.50	0.75
Vivienda N° 3, reforzado en cada dos hiladas.	Sobrevivencia estructural				
Vivienda N° 2, reforzado en cada tres hiladas.	Sobrevivencia estructural				Falla
Vivienda N° 1, sin refuerzo	Sobrevivencia estructural		Falla		

(Elaboración propia)

En la tabla se muestra que la vivienda N° 3, que tiene el reforzamiento de madera de eucalipto en cada dos hiladas, lo que influye directamente en la sobrevivencia estructural de la edificación cuando este fue ensayado en la mesa vibratoria a amplitudes que se han ido incrementando desde 0.25 mm hasta 0.75 mm, Comparativamente, la vivienda N° 3 posee mejores cualidades de comportamiento dinámico,

posteriormente la vivienda N° 2 y finalmente la vivienda N° 1, este último no tiene reforzamiento.

Cuadro 12
Intensidad vs aceleración

Percepción	*Escala de Mercalli (intensidad)	*Aceleración Sísmica (g)	Aceleración calculada de viviendas a escala		
			N° 1	N° 2	N° 3
Violento	IX	0.18 – 0.75			
Severo	VIII	0.089 – 0.18			0.0947
Muy fuerte	VII	0.065 – 0.089		0.0632	0.0632
Fuerte	VI	0.047 – 0.065		0.0505	0.0505
Moderado	V	0.039 – 0.047	0.0379	0.0379	0.0379
Leve	IV	0.014 – 0.039	0.0316	0.0316	0.0316

(Elaboración propia), *Instituto Tecnológico Geominero de España.

El cuadro N° 12 muestra que la vivienda N° 3 (reforzado en cada tres hiladas), es más resistente que las viviendas N° 2 y N° 1; alcanzando a soportar un sismo de intensidad VIII en la escala de Mercalli.

Cuadro 13
Magnitud alcanzado

*Escala de Mercalli (intensidad)	*Escala de Richter (magnitud)	Viviendas de adobe a escala		
		N° 1	N° 2	N° 3
VII - VIII	8.0 – 8.9			
VI – VII	7.0 – 7.9			
V – VI	6.0 – 6.9			
IV – V	5.0 – 5.9			
III – IV	4.0 4.9			
II – III	3.00 – 3.9			

(Elaboración propia), * Fuente: USGS

El cuadro N° 13 muestra la relación de la magnitud del sismo con la escala de Mercalli.

Tabla 10
Cantidad de refuerzos por vivienda

Viviendas ensayadas	Cantidad de refuerzo (ml/m2)
Vivienda N° 3, reforzado en cada dos hiladas.	6.00
Vivienda N° 2, reforzado en cada tres hiladas.	4.00
Vivienda N° 1, sin refuerzo	0.00

(elaboración propia)

En la tabla se muestra que la vivienda que tiene mejor comportamiento dinámico, también tiene mayor cantidad de refuerzo de madera de eucalipto por m2 de muro.

4.3 Verificación de las hipótesis

Hipótesis específica 1

Se confirma la hipótesis específica 1. El ensayo de la vivienda N° 3, que lleva refuerzos de madera en cada *dos hiladas* ha logrado la sobrevivencia estructural para los movimientos vibratorios con amplitud que van de 0.25 a 0.75 cm, y una frecuencia de 8 hercios para cada una. La vivienda N° 2 ha logrado la sobrevivencia estructural para los movimientos vibratorios de amplitud que van de 0.25 a 0.50 mm,. Así mismo, la vivienda N° 1 (testigo sin refuerzo), solo ha logrado la sobrevivencia estructural a movimientos vibratorios que van de 0.25 a 0.30 mm, bastante menos que la vivienda N° 2 y N° 3. Entonces, se aseveró hasta este punto que a mayor reforzamiento con madera de eucalipto en el interior de los muros mejor comportamiento dinámico de las viviendas frente a los movimientos vibratorios tales como un sismo.

Hipótesis específica 2

Se confirma parcialmente la hipótesis específica 2. El ensayo de la vivienda N° 2, que lleva refuerzos de madera de eucalipto en cada tres hiladas ha logrado la sobrevivencia estructural a movimientos vibratorios que van desde 0.25 a 0.50 mm, con frecuencias de 8 hercios, superando a

la vivienda N° 1 (testigo sin refuerzo), que solo ha tenido una sobrevivencia estructural a movimientos vibratorios con amplitud de 0.25 a 0.30 mm. Sin embargo, no supera a la vivienda N° 3, razón por la cual se aceptó parcialmente está hipótesis.

Hipótesis específica 3

Se confirma la hipótesis específica 3. Se observó, que los resultados del comportamiento dinámico con refuerzo en cada dos hiladas es más contundente que los refuerzos colocados en cada tres hiladas, y comportamiento dinámico deficiente cuando no se tienen refuerzos (vivienda N° 1)

Entonces, se confirmó en base a la experimentación, que las viviendas de adobe reforzados con varas de madera de eucalipto en cada dos hiladas tienen un comportamiento dinámico más eficientes ante los movimientos vibratorios (movimientos sísmicos), en el distrito de Pariahuanca.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general, que establece que un mejor comportamiento dinámico guarda relación con reforzamiento con varas de madera de eucalipto, el resultado encontrado, los refuerzos de madera de eucalipto mejoran el comportamiento dinámico en las viviendas de adobe. Estos resultados con lo que sostiene (Catalán, 2013), quién señala que se inicialmente se presentaron fisuras y grietas visibles en las esquinas de los vanos. Ello es acorde con lo que en este estudio se encuentra.

Pero en lo que no concuerda el estudio del referido autor con el presente, es que él menciona que se registraron fisuras verticales y diagonales, lo que en este estudio no se encontraron esos resultados. Esta difiere porque él referido empleó otros tipos de reforzamientos, tales como malla de gallinero, mezcla de cemento arena 1:3. Otros aspectos también afectarían los resultados obtenidos, puesto que su ensayo consistió en vivienda de una sola habitación y a escala 1:2. Y la vivienda ensayada en la presente fue a una escala 1:20, pero con seis ambientes.

En el presente los muros reforzados con madera de eucalipto en las hiladas y con amarres entre muros que hacen de arriostre que depende de la configuración estructural de la edificación han conferido a los muros un mejor comportamiento dinámico, lo que concuerda con el estudio de (Muentes Alvarado, 2016) que indica que los muros de adobe reforzados horizontalmente y verticalmente con carrizo partido a la mitad proporcionan mayor capacidad de deformación.

Pero en lo que difieren los estudios es que el referido ha utilizado un refuerzo más que es el vertical. Sin embargo se ha apreciado el mismo efecto de falla con los muros que han ocurrido volcamiento en ambos estudios y desde la base de los muros que han colapsado.

(Igarashi Hasegawa, 2009), logró medir la distorsión de muros de adobe reforzados, uno con esteras y otro con costalillos, estos refuerzos fueron anclados en la superficie, la distorsión máxima obtenida fue con los refuerzos de costalillos en un 400% de deformación comparado a su testigo, posterior a esa deformación el muro falla en la base, lo que concuerda con la presente que también ha ocurrido muros que se han colapsado. Lo que no indica es que esfuerzo fue aplicado a los muros, puesto que han sido construidos a escala real. Una vez más se confirma que los muros fallan por su elevada masa que poseen estos. Si bien, los tipos de refuerzos son muy diferentes en lo que respecta a su material también difieren los estudios en lo que respecta a su colocación en el sistema estructural de la vivienda de adobe.

En la presente, básicamente en la elaboración de los adobes se venían formando fisuras de secado, las fisuras de contracción que se han originado durante el secado de los adobes y el secado del mortero se han superado adicionando arena fina a la tierra empleado para la fabricación de la vivienda, este aspecto guarda relación con el estudio de (Montoya Robles, 2017), que indica que es necesario la adición de aditivos para el control de fisuras por secado empleando arena gruesa y paja. Esta recomendación se ha puesto en práctica con la diferencia que se ha usado arena fina debido a que los adobes se han construido a escala, así como la vivienda, esto se requería de esta manera porque también se tenía que controlar las fisuras del mortero.

Si bien es cierto en la presente se ha elegido como material de reforzamiento la madera de eucalipto, que se ha colocado en el interior de los muros. Sin embargo, existe otras alternativas como lo han propuesto (Quispe Acosta & Rondón Durand, 2012) en su trabajo de investigación a la geo malla y la malla electro soldada para reforzar viviendas de adobe o tapia externamente, lo cual debe ser anclada al muro y cubierta con un acabado, lo cual es bastante interesante. Sin embargo, se ha elegido la madera en vista que el eucalipto está bastante extendido y los maestros constructores están familiarizados en su uso, otros aspectos podría ser el acceso a dicho a los materiales que pueden tener un precio elevado para las familias de menos recursos.

(Santa María, Q., 2018), indica que se incrementa la cortante basal cuando la edificación es más rígida según este va incrementándose en altura,

este aspecto concuerda en la investigación puesto que se ha observado fallas en la parte inferior de los muros sin refuerzo, sin embargo, los muros con refuerzo en cada dos hiladas se ha comportado toda la edificación como una sola estructura, es decir también concuerda con el estudio del referido autor, por su rigidez se había incrementado. Este aspecto de debe a que los refuerzos distribuyen los esfuerzos aplicados en toda la estructura.

Las estructuras de material rustico, objeto del presente estudio, son vulnerables frente movimientos telúricos, ocurriendo fallas como fisuras, inclinaciones, volcamientos de muros entre otros estos aspectos. Estos resultados dependen de si fue severo el movimiento telúrico y del reforzamiento previsto en las edificaciones de tierra, esto concuerda con los resultados de la investigación de (Huamán Carbajal, 2018), que expresa: una estructura sin refuerzo es vulnerable frente a sismos de categoría VII de la escala de Mercalli, mientras que una estructura reforzada puede soportar un sismo de categoría IX de la misma escala.

CONCLUSIONES

Se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. La adición de refuerzos de madera en cada dos hiladas ha mejorado eficientemente su comportamiento dinámico de la vivienda N° 3 a escala, pues ha soportado eficientemente hasta un sismo de magnitud entre 8.0 a 8.9 grados en la escala de Richter, equivalente en la escala de Mercalli a una intensidad de VIII, que corresponde a un sismo severo con potencial de daño de moderado a fuerte.
2. La vivienda N° 2, con refuerzos de madera en cada tres hiladas ha tenido un comportamiento dinámico menos eficiente solo ha soportado en las pruebas de laboratorio hasta un sismo de magnitud de entre 7.0 a 7.9, equivalente a una intensidad de VII.
3. El mejor comportamiento dinámico ante los movimientos sísmicos generados en la mesa vibratoria del laboratorio de estructuras corresponde a la vivienda N° 3 que ha tenido un reforzamiento en cada dos hiladas, seguido por la vivienda a escala N° 2 con reforzamiento a cada tres hiladas. Y finalmente la vivienda N° 1 (testigo) que no ha tenido refuerzo y ha colapsado a un sismo de magnitud de entre 5.0 a 5.9 grados, lo que nos indica las viviendas de adobe sin refuerzo su comportamiento dinámico es deficiente.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al gobierno local básicamente a las autoridades a promover la construcción de las viviendas de adobe incluyendo refuerzos de madera de eucalipto de acuerdo a la investigación realizada, puesto que el distrito de Pariahuanca está ubicado cerca a la falla del Huaytapallan que se ha activado con un sismo considerable en 1969.
2. Se recomienda realizar otros estudios similares que puedan involucrar uso de refuerzos y disminución de la masa de los adobes conservando su volumen y geometría, estos últimos también confieren la estabilidad estructural de las edificaciones de tierra.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencia Peruana de Noticias ANDINA. (13 de 11 de 2018). *Falla geológica activa de Huaytapallana generó sismo en Junín*. Obtenido de ANDINA: <https://andina.pe/agencia/noticia-falla-geologica-activa-huaytapallana-genero-sismo-junin-732677.aspx>
2. Aguilar Alberca, E. D., & Quezada Zambrano, R. A. (2017). *Caracterización física y mecánica del adobe en el Cantón de Cuenca*. Cuenca - Ecuador.
3. Aguilar Pozzer, J., & Guzowski, E. (2011). *Materiale y materias primas: Madera*. Buenos Aires - Argentina: Hemisferio Sur, Montevideo.
4. Blondet, M., Villa Garcia, G., & Brzev, S. (2003). *Construcciones de adobe resistentes a los terremotos*. Oakland - California: Marjorie Greene, EERI.
5. Blondet, M., Villa Garcia, G., & Brzev, S. (2003). *Construcciones de Adobe Resistentes a Terremotos*. Oakland, California EE.UU: Scott Hagie, John Martin and Associates.
6. Borja Suárez, M. (2016). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo - Peru.
7. Catalán, Q. P. (2013). *Comportamiento sísmico de la vivienda de adobe basado en pruebas en mesa vibradora de dos modelos a escala*. México.
8. Cooperativa.cl. (17 de Septiembre de 2015). *Aprenda a utilizar la escala de Mercall y Richter de sismos*. Obtenido de Cooperativa.cl: <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/sismos/aprenda-a-utilizar-la-escala-mercalli-y-richter-de-sismos/2010-03-03/173638.html>
9. E-estruc. (28 de Febrero de 2017). *Ideas básicas sobre el comportamiento dinámico de las estructuras*. Obtenido de Ideas básicas sobre el comportamiento dinámico de las estructuras: <https://e-estruc.com/2017/02/28/ideas-basicas-comportamiento-dinamico-las-estructuras-i/>
10. Gutiérrez, R., E., Moreno, O., R., & Villota, E., N. (2013). *Guía de cubicación de madera: N° 1*. Colombia: Gráfica Budas - Pereira.

11. Hibbeler, R. C. (2010). *Dinámica* (Decimosegunda edición ed.). México: Pearson.
12. Huamán Carbajal, J. P. (2018). *Evaluación del comportamiento sísmico de viviendas rurales de material rustico con reforzamiento estructural de mallas metálicas*. Huancayo - Perú.
13. Igarashi Hasegawa, L. (2009). *Reforzamiento estructural de muros de adobe*. Lima - Perú.
14. INEI, I. N. (2018). *Características de las Viviendas Particulares y los Hogares*. Lima.
15. Ministerio de construcción de Japón. (2001). *Norma para la evaluación de daño por sismo en estructuras y guía técnica de rehabilitación*. México: Centro nacional de prevención de desastres.
16. Ministerio de Economía y finanzas MEF. (8 de Julio de 2016). Familia 20720026 Madera Eucalipto. Lima, Lima, Lima.
17. Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (07 de Abril de 2017). Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada. *Diario oficial el Peruano*, pág. 29.
18. Montoya Robles, J. M. (2017). *Construcción con tierra revisión y sustento de los ensayos de campo: Presencia de arcilla o resistencia seca, control de fisuración con arena gruesa*. Lima - Perú.
19. Morales Marcillo, C. J. (2017). *Comportamiento dinámico de dos viviendas ubicadas en la urbanización acuarela II con la determinación del período fundamental según la nec-15, bahía de caraquez*. Manabi - Ecuador.
20. Morales, R. (2015). Deformaciones de las estructuras. *Revista Científica de la Universidad de Mendoza*, 14. Obtenido de <https://www.latindex.org/latindex/ficha>
21. Moromi Nakata, I. (2012). *Gestión del riesgo: Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones de adobe a nivel local*. Lima - Perú.
22. Muentes Alvarado, J. L. (2016). *Optimización en el uso de adobe sismo resistente, como material constructivo para viviendas familiares de bajo costo*. Guayaquil - Ecuador.

23. Norma E.080. (2017). *Diseño y construcción con tierra reforzada*. Lima - Perú: Diario El Peruano.
24. Ortiz Zamora, D. Y. (2019). *Efectos de la incorporación de cuatro porcentajes (2.5%, 5%, 7.5% y 10%) de estiércol de caballo en la resistencia a la compresión y flexión del adobe*. Cajamarca - Perú.
25. Quispe Acosta, J. A., & Rondón Durand, S. M. (2012). *Propuesta integral de reforzamiento para edificaciones de adobe. Aplicación al caso de un local escolar de adobe en la provincia de Yauyos*. Lima.
26. Reboredo, A. (08 de Junio de 1996). El análisis dinámico de construcciones sismo resistentes: Conceptos básicos y limitaciones. Mendoza, Mendoza, Argentina.
27. Samaniego Arauco, A. (27 de Septiembre de 2009). Historia del eucalipto en el Valle del Mantaro. *Eco Andino*, 1. Obtenido de <http://eco-andino.blogspot.com/2009/09/historia-sintetica-del-eucalipto-en-el.html>
28. Santa María, Q., A. E. (2018). *Comportamiento dinámico de una estructura mixta de dos pisos compuesta por adobe y quincha*. Lima.
29. Tarbuck, E., & Luttgens, F. (14 de Junio de 2019). *Terremotos y Ondas - Medición de las dimensiones sísmicas - Escalas de magnitud*. Obtenido de Ruta Geológica: Explorando y Conociendo Nuestra Tierra: https://www.rutageologica.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=383&Itemid=88&limitstart=10
30. Wilson L., E. (2009). *Análisis estático y dinámico de estructuras: Un enfoque físico con énfasis en la ingeniería sísmica*. California: Búho.

ANEXOS