



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**“Evaluación del comportamiento físico mecánico de adobes
artesanales con adición de hojas de palmera, Cusco 2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Pedraza Teves, Brandon Lee (ORCID: 0000-0001-7762-2949)

ASESOR:

Dr. Vargas Chacaltana, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-4136-7189)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A Dios quien ha sido mi guía y fortaleza toda mi vida, me ha cuidado a cada paso, ha bendiciendo a mi familia y me ha dado esperanza por medio de su hijo Jesucristo.

A mi familia, quienes han sido mi apoyo y gran motivación para superarme en la vida y de manera especial a mi madre que nunca se dio por vencida y trabajó mucho por sus hijos e inculco en ellos el servicio los demás, el respeto y el trabajo duro.

A mi novia, por darme ánimos y fuerzas para superar mis desafíos y enseñarme por medio del ejemplo, que nunca se debe dar por vencido.

Agradecimiento

A mis padres y hermanos, quienes siempre me apoyaron para seguir en mi carrera profesional, me brindaron su confianza y amor, siendo indispensables y motivo de gran dicha en mi vida.

A mis amigos que siempre estuvieron en los momentos felices y en los de gran tribulación, es una bendición tenerlos como mis ángeles, quienes me demuestran su amor, amor que aprendieron de Nuestro Padre Celestial y de Jesucristo.

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de Tablas.....	iv
Índice de Figuras y Gráficos	vi
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	22
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.3. Población, muestra y muestreo.....	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.5. Procedimientos	25
3.6. Método de análisis de datos	45
3.7. Aspectos éticos	46
IV. RESULTADOS.....	47
V. DISCUSIÓN	86
VI. CONCLUSIONES	93
VII. RECOMENDACIONES	95
REFERENCIAS	97
ANEXOS	100

Índice de Tablas

<i>Tabla 1:</i> Cantidad total de unidades de adobes para ensayar.....	24
<i>Tabla 2:</i> Frontera entre suelos granulares y suelos finos.....	29
<i>Tabla 3:</i> Cálculo de la dosificación de la hoja de palmera para bloques	

(24x12x8.5cm).....	38
<i>Tabla 4:</i> Cálculo de la dosificación de la hoja de palmera para bloques (10x10x10cm).....	39
<i>Tabla 5:</i> Descripción del suelo tomado para la elaboración de los adobes.....	50
<i>Tabla 6:</i> Resultado del ensayo de cinta de barro.....	51
<i>Tabla 7:</i> Resultado del ensayo de presencia de arcilla.....	52
<i>Tabla 8:</i> Contenido de humedad promedio.....	53
<i>Tabla 9:</i> Estudio de la granulometría del suelo para el adobe.....	54
<i>Tabla 10:</i> Clasificación del suelo.....	55
<i>Tabla 11:</i> Límite de Atterberg.....	56
<i>Tabla 12:</i> Variación dimensional del adobe patrón.....	57
<i>Tabla 13:</i> Variación dimensional del adobe con adición de 0.50% de hoja de palmera.....	58
<i>Tabla 14:</i> Variación dimensional del adobe con adición de 0.75% de hoja de palmera.....	59
<i>Tabla 15:</i> Variación dimensional del adobe con adición de 1% de hoja de palmera.....	61
<i>Tabla 16:</i> Resumen del ensayo de variación dimensional.....	62
<i>Tabla 17:</i> Resultados de las medidas del alabeo en el adobe patrón.....	63
<i>Tabla 18:</i> Alabeo del adobe con adición de 0.50% de hoja de palmera.....	65
<i>Tabla 19:</i> Alabeo del adobe con adición de 0.75% de hoja de palmera.....	66
<i>Tabla 20:</i> Alabeo del adobe con adición de 1% de hoja de palmera.....	68
<i>Tabla 21:</i> Resumen de las mediciones convexas y cóncavas.....	70
<i>Tabla 22:</i> Ensayo de absorción del adobe patrón.....	71
<i>Tabla 23:</i> Ensayo de absorción del adobe con adición de 0.50% de hoja de palmera.....	71

<i>Tabla 24:</i> Ensayo de absorción del adobe con adición de 0.75% de hoja de palmera.....	72
<i>Tabla 25:</i> Ensayo de absorción del adobe con adición de 1% de hoja de palmera.....	72
<i>Tabla 26:</i> Resumen del ensayo de absorción para cada dosificación.....	73
<i>Tabla 27:</i> Compresión de la muestra patrón en la prensa hidráulica.....	74
<i>Tabla 28:</i> Compresión de la muestra con hoja de palmera al 0.50 % en la prensa hidráulica.....	75
<i>Tabla 29:</i> Compresión de la muestra con hoja de palmera al 0.75 % en la prensa hidráulica.....	76
<i>Tabla 30:</i> Compresión de la muestra con hoja de palmera al 1 % en la prensa hidráulica.....	77
<i>Tabla 31:</i> Resumen de los promedios obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión.....	78
<i>Tabla 32:</i> Flexión de la muestra patrón en la prensa hidráulica.....	79
<i>Tabla 33:</i> Flexión de la muestra con hoja de palmera al 0.50 % en la prensa hidráulica.....	80
<i>Tabla 34:</i> Flexión de la muestra con hoja de palmera al 0.75 % en la prensa hidráulica.....	81
<i>Tabla 35:</i> Flexión de la muestra con hoja de palmera al 1 % en la prensa hidráulica.....	82
<i>Tabla 36:</i> Resumen de los promedios obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión.....	83

Índice de Figuras y Gráficos

<i>Figura 1:</i> Fibra natural de cáñamo.....	7
<i>Figura 2:</i> Palmera Phoenix Canariensis.....	7

<i>Figura 3:</i> Características de las hojas de la palmera.....	8
<i>Figura 4:</i> Palmera Phoenix Canariensis en Cusco.....	9
<i>Figura 5:</i> Casa con cubierta de hojas de Palmera.....	10
<i>Figura 6:</i> Artesanías con la hoja de Palmera.....	10
<i>Figura 7:</i> Zona arqueológica Lambityeco.....	11
<i>Figura 8:</i> Ciudadela de Chan Chan.....	12
<i>Figura 9:</i> Elaboración de adobes.....	12
<i>Figura 10:</i> Adobes tradicionales.....	13
<i>Figura 11:</i> Suelo para adobe.....	14
<i>Figura 12:</i> Bancos de arcilla.....	15
<i>Figura 13:</i> Conglomerado de grava y arena.....	16
<i>Figura 14:</i> Apariencia del suelo limoso.....	16
<i>Figura 15:</i> Fibra natural de Paja.....	17
<i>Figura 16:</i> Cuña de medición.....	17
<i>Figura 17:</i> Medición del alabeo en el bloque de abobe.....	18
<i>Figura 18:</i> Medición de las dimensiones del ladrillo para evaluar la variación dimensional.....	18
<i>Figura 19:</i> Bloques de adobe luego de estar en contacto con el agua.....	19
<i>Figura 20:</i> Compresión de los adobes en la prensa hidráulica.....	19
<i>Figura 21:</i> Falla del adobe luego de aplicar fuerza con la prensa hidráulica.....	20
<i>Figura 22:</i> Falla en muro producido por el movimiento del suelo.....	21
<i>Figura 23:</i> Lavado de las hojas de palmera.....	25
<i>Figura 24:</i> Secado de las hojas de palmera.....	26
<i>Figura 25:</i> Formación de un rollo para la conformación de los bastoncitos de tierra.....	27

<i>Figura 26:</i> Medición del bastoncillo.....	27
<i>Figura 27:</i> Conformación de las esferas para la comprobación del contenido de arcilla.....	28
<i>Figura 28:</i> Aplastamiento de las bolitas de tierra.....	28
<i>Figura 29:</i> Obtención del suelo para los adobes.....	29
<i>Figura 30:</i> Lavado de la muestra.....	30
<i>Figura 31:</i> Granulometría del suelo.....	30
<i>Figura 32:</i> Registro del peso del suelo húmedo y dividido en tres cazuelas.....	31
<i>Figura 33:</i> Secado de la muestra en el horno.....	31
<i>Figura 34:</i> Ecuación para el contenido de humedad.....	32
<i>Figura 35:</i> Humedeciendo el suelo.....	33
<i>Figura 36:</i> Separación de la muestra usando el ranurador.....	33
<i>Figura 37:</i> Selección de área para ser pesada.....	34
<i>Figura 38:</i> Formación de bastoncillos con la muestra de suelo.....	35
<i>Figura 39:</i> Separación de los bastoncillos para ser pesados.....	35
<i>Figura 40:</i> Cuadro de clasificación del suelo (SUCS).....	36
<i>Figura 41:</i> Preparación del suelo para los adobes.....	37
<i>Figura 42:</i> Integración de la paja al barro.....	37
<i>Figura 43:</i> Moldes para la elaboración de los adobes.....	38
<i>Figura 44:</i> Mezclado de los insumos para la elaboración de los adobes.....	39
<i>Figura 45:</i> Moldeado de los adobes.....	40
<i>Figura 46:</i> Volteo de los adobes para el secado adecuado.....	40
<i>Figura 47:</i> Medición de las dimensiones de cada bloque.....	41
<i>Figura 48:</i> Medición del alabeo cóncavo y convexo de los adobes.....	42

<i>Figura 49: Secado de los ladrillos en el horno.....</i>	42
<i>Figura 50: Ladrillos de adobe luego de ser sumergidos en agua.....</i>	43
<i>Figura 51: Rotura de los cubos de adobe.....</i>	44
<i>Figura 52: Falla de los adobes por flexión.....</i>	44
<i>Figura 53: Falla de los adobes por flexión.....</i>	45
<i>Figura 54: Ubicación de departamento del Cusco y la provincia del Cusco en el Perú.....</i>	48
<i>Figura 55: Ubicación del distrito de Cusco en el mapa provincial del Cusco.....</i>	48
<i>Figura 56: Ubicación del lugar de extracción del suelo.....</i>	49
<i>Figura 57: Accesibilidad a la zona de extracción del suelo para el adobe.....</i>	50
<i>Figura 58: Realización del ensayo de cinta de barro.....</i>	51
<i>Figura 59: Conformación de las bolitas de tierra para desarrollar el ensayo.....</i>	52
<i>Figura 60: Secado de las muestras en el horno para determinar el contenido de humedad.....</i>	53
<i>Figura 61: Tamizado del suelo para determinar su granulometría.....</i>	53
<i>Figura 62: Determinación del límite líquido y el límite plástico del suelo.....</i>	56
<i>Figura 63: Medición de las longitudes del adobe.....</i>	57
<i>Figura 64: Medición del alabeo en el adobe.....</i>	63
<i>Figura 65: Inmersión de las muestras para realizar el ensayo de absorción.....</i>	71
<i>Figura 66: Rotura del cubo de adobe debido al ensayo de la resistencia a la compresión.....</i>	73
<i>Figura 67: Falla producida al someter el bloque al ensayo de resistencia a la flexión.....</i>	79
<i>Figura 68: Comparación de los resultados obtenidos en el ensayo de variación dimensional.....</i>	86

<i>Grafico 1:</i> Límites entre finos, arenas y gravas en la curva granulométrica.....	55
<i>Grafico 2:</i> Comparación entre las dimensiones de la muestra patrón y el valor nominal.....	58
<i>Grafico 3:</i> Dimensiones de los adobes con 0.50% de hoja de palmera y el valor nominal.....	59
<i>Grafico 4:</i> Dimensiones de los adobes con 0.75% de hoja de palmera y el valor nominal.....	60
<i>Grafico 5:</i> Dimensiones de los adobes con 0.75% de hoja de palmera y el valor nominal.....	61
<i>Grafico 6:</i> Resumen de las dimensiones del adobe en cada dosificación.....	62
<i>Grafico 7:</i> Deformación cóncava del adobe patrón.....	64
<i>Grafico 8:</i> Deformación convexa del adobe patrón.....	64
<i>Grafico 9:</i> Deformación cóncava del adobe con 0.50% de hoja de palmera.....	65
<i>Grafico 10:</i> Deformación convexa del adobe con 0.50% de hoja de palmera.....	66
<i>Grafico 11:</i> Deformación cóncava del adobe con 0.75% de hoja de palmera.....	67
<i>Grafico 12:</i> Deformación convexa del adobe con 0.75% de hoja de palmera.....	68
<i>Grafico 13:</i> Deformación cóncava del adobe con 1% de hoja de palmera.....	69
<i>Grafico 14:</i> Deformación convexa del adobe con 1% de hoja de palmera.....	69
<i>Grafico 15:</i> Resumen de las mediciones cóncavas y convexas.....	70
<i>Grafico 16:</i> Resumen de la resistencia a la compresión de la muestra patrón.....	74
<i>Grafico 17:</i> Resistencia a la compresión de los adobes con 0.50% de hoja de palmera.....	75
<i>Grafico 18:</i> Resistencia a la compresión de los adobes con 0.75% de hoja de palmera.....	76

<i>Grafico 19:</i> Resistencia a la compresión de los adobes con 1% de hoja de palmera.....	77
<i>Grafico 20:</i> Gráfico de la resistencia a la compresión para cada dosificación.....	78
<i>Grafico 21:</i> Resistencia a la flexión del adobe patrón.....	80
<i>Grafico 22:</i> Resistencia a la flexión del adobe con 0.50% de hoja de palmera.....	81
<i>Grafico 23:</i> Resistencia a la flexión del adobe con 0.75% de hoja de palmera.....	82
<i>Grafico 24:</i> Resistencia a la flexión del adobe con 1% de hoja de palmera.....	83
<i>Grafico 25:</i> Resumen de la resistencia a la flexión en cada dosificación.....	84
<i>Grafico 26:</i> Resistencia a la compresión de los adobes entre la fibra de bambú y hoja de palmera.....	86
<i>Grafico 27:</i> Absorción del adobe entre el poliestireno y la hoja de palmera.....	87
<i>Grafico 28:</i> Alabeo del adobe entre el poliestireno y la hoja de palmera.....	88
<i>Grafico 29:</i> Resistencia a la compresión entre la fibra de bambú y la hoja de palmera.....	89
<i>Grafico 30:</i> Resistencia a la flexión entre la fibra de totora y la hoja de palmera.....	91

Resumen

La edificación de viviendas constituidas principalmente de adobe, elementos conformados de materiales como el limo, arena, arcilla, fibra vegetal y agua, son empleadas desde tiempos antiguos en la ciudad de Cusco, debido a la facilidad de manejo y obtención de los materiales para su fabricación han sido uno de los elementos más utilizados en la zona, adicionalmente las propiedades que presenta el adobe son numerosas entre ellas está la resistencia al fuego, baja conductividad térmica, además de ser reutilizables, entre otras.

Las condiciones climáticas sufrieron cambios debido al calentamiento global, ocasionando repercusiones en las edificaciones de adobe, las lluvias torrenciales fácilmente las desgastan y debilitan como resultado tenemos fallas o grietas en los adobes, es por estas razones que el presente trabajo tiene como objetivo determinar si la adición de las hojas de palmera mejoran o no las propiedades físicas y mecánicas del adobe, para ello se adicionará las hojas de palmera a la mezcla del adobe para así conformar los bloques, las hojas recibieron un tratamiento para eliminar impurezas, esto consiste en pasar por un procedimiento de lavado, además las hojas serán agregadas en 4 dosificaciones, las cuales serán 0%, 0.5%, 0.75% y 1% posteriormente los elementos serán sometidos a los ensayos de variación dimensional, alabeo y absorción, así mismo se evaluará la resistencia a la compresión y flexión, los ensayos seguirán las especificaciones dadas en la NTP E 080 Diseño y construcción con tierra reforzada y la NTP 399.613 las cuales nos ayudarán a lograr el objetivo de esta investigación.

Palabras Clave: adobe artesanal, hojas de palmera, comportamiento físico, comportamiento mecánico.

Abstract

The construction of houses constituted mainly of adobe, elements made of materials such as silt, sand, clay, vegetable fiber and water, have been used since ancient times in the city of Cusco, due to the ease of handling and obtaining the materials for their Manufacturing has been one of the most used elements in the area, additionally the properties that adobe presents are numerous, among them is resistance to fire, low thermal conductivity, as well as being reusable, among others.

The climatic conditions suffered changes due to global warming, causing repercussions in the adobe buildings, torrential rains easily wear them down and weaken as a result we have faults or cracks in the adobe, it is for these reasons that the present work aims to determine if the addition of palm leaves improve or not the physical and mechanical properties of the adobe, for this the palm leaves will be added to the mixture of the adobe to form the blocks, the leaves received a treatment to eliminate impurities, this consists of passing through a washing procedure, in addition the sheets will be added in 4 dosages, which will be 0%, 0.5%, 0.75% and 1%, later the elements will be subjected to the tests of dimensional variation, warping and absorption, likewise the resistance will be evaluated to compression and bending, the tests will follow the specifications given in the NTP E 080 Design and construction with reinforced earth and NTP 399.613 which will help us achieve the objective of this investigation.

Keywords: Handmade adobe, palm leaves, physical behavior, mechanical behavior.

I. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo las personas han usado diversos materiales para la construcción de sus viviendas, estas proveen de protección ante el clima y por supuesto brindan confort; uno de los primeros materiales de construcción ha sido el uso de bloques o ladrillos de tierra llamados adobe, debido a la facilidad de obtención de la materia prima como es la tierra, agua y fibra vegetal han sido y es un elemento de construcción popular para la edificación de viviendas.

A nivel internacional el adobe ha sido muy utilizado, prueba de ello podemos ver los famosos zigurats en Mesopotamia, las pirámides de Egipto y más recientemente en España las casas y capillas, en Marruecos las Kashbah, esto conlleva a que un tercio de la población en el mundo viva en construcciones a base de tierra, pero las inclemencias del clima y la modernización ha hecho que la construcción con este material sea relegado y ser considerado como arcaico, los elementos fabricados de manera industrial han tomado por asalto el mercado de la construcción, estos a su vez contribuyen a generar contaminación y gran demanda de recursos primarios para su fabricación, hoy en día es necesario tener un enfoque más amigable con el medio ambiente, así como de carácter reutilizable, debido a ello se está investigando el adobe con diversas variaciones en su fabricación, buscando mejorar su propiedades físicas y mecánicas, haciendo de ésta una alternativa ecológica para la construcción de viviendas, como es en el caso de España que ya lleva varios años realizando este tipo de investigaciones sobre el adobe y sus variables.

Así mismo a nivel nacional el adobe siempre ha tomado protagonismo y eso podemos observar gracias a los grandes ejemplos que nos dejaron nuestros antepasados, como lo es la ciudad de Chan Chan y el pueblo Incaico, ellos usaron el adobe como unidad indispensable en la construcción de sus hogares, templos religiosos y demás recintos de uso cotidiano, en la actualidad el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018), indica que en el Perú existen 2 148 494 viviendas de adobe o tapia, que representan el 27.9% de viviendas en todo el Perú.

De igual manera en la región, el Cusco ostenta el cuarto lugar a nivel nacional donde predomina el adobe como material de construcción con un 67.30% de total de

viviendas censadas, actualmente en las diversas localidades y zonas rurales del Cusco las casas de adobe son un elemento popular y representativo para la edificación de los hogares, por otra parte en nuestra región así como en otras ciudades, el calentamiento global tiene un gran impacto en la gente y sus hogares, se experimentan constantemente fuertes heladas, friajes y lluvias torrenciales que afectan directamente en el desarrollo de las actividades cotidianas de los pobladores así como también en su salud, es debido a ello que el problema general de la investigación es: **¿Cómo influye la adición de la hoja de palmera en las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021?**, los problemas específicos de la investigación serán: ¿Cómo influye la adición de hojas de palmera en las propiedades físicas del adobe?, ¿Cómo influye la adición de hojas de palmera en la resistencia a la compresión del adobe? y ¿Cómo influye la adición de hojas de palmera en la resistencia a la flexión del adobe?

Justificación de la investigación

Justificación teórica: ya que hoy en día las condiciones climáticas de cada ciudad son diferentes a como lo era antes, es preciso ahondar en teorías de construcción y de materiales que permitan brindar confort a la población, es por ello que se plantea el uso de la hoja de palmera para estabilizar el adobe, buscando fortalecer sus propiedades físicas y mecánicas, cabe recalcar que los ensayos van de acuerdo a la norma técnica peruana (NTP) E080 y NTP 399.613 de esta manera se contribuirá al conocimiento de nuevas teorías y prácticas respecto al uso del adobe estabilizado.

Justificación metodológica: las variables así como los resultados serán expresados cuantitativamente, teniendo así resultados exactos y fiables, el diseño de la investigación será cuasi-experimental, esto nos permitirá tener un mayor control de la variable debido a que será sometido a varios ensayos.

Justificación técnica: debido a que la coyuntura local nos presenta un panorama agreste, puesto que el clima se ha tornado muy variable aún más que en otros tiempos, es necesario el estudio y aplicación de tecnologías para la estabilización del adobe, ello cobra relevancia ya que aporta soluciones fáciles que mejoran la calidad de viviendas.

Justificación social: uno de los grandes desafíos en la ciudad del Cusco es el clima, debido a ello se han extendido campañas de protección y ayuda para personas que

sufren estas inclemencias debido a esto es preciso optar por materiales que brinden una mejor calidad de vida y sean fáciles de adquirir, sin duda el adobe cubre estas necesidades, por ello es necesario mejorar o estabilizar el adobe para brindar alternativas seguras, ecológicas, baratas que ayuden a las personas a tener espacios más confortables, definitivamente la presente investigación contribuirá a llevar a cabo todas estas observaciones.

Por lo tanto el objetivo general de la investigación es: **Determinar cómo influye la adición de la hoja de palmera en las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021**, los objetivos específicos serán los siguientes: Determinar cómo adición de la hoja de palmera influye en las propiedades físicas del adobe, también Determinar cómo la adición de la hoja de palmera influye en la resistencia a la compresión del adobe, por último Determinar cómo la adición de la hoja de palmera influye en la resistencia a la flexión del adobe.

De igual manera tomando en cuenta el problema general y los problemas específicos que han sido establecidos, se plantea la hipótesis general que es, **la adición de las hojas de palmera mejorará las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021**, a su vez las hipótesis específicas serán: ¿La adición de las hojas de palmera influirá en las propiedades físicas del adobe?, ¿La adición de las hojas de palmera mejorará la resistencia a la compresión del adobe? Y ¿La adición de las hojas de palmera mejorará la resistencia a la flexión del adobe?

II. MARCO TEÓRICO

Para adquirir los detalles de las variables que nos servirán para el desarrollo del tema, se ha revisado y estudiado diferentes trabajos de investigación y tesis, de esta manera se tendrá un mayor contraste de información acerca de los beneficios en el uso de este material, la información recopilada tanto nacional como internacional se expresarán en los párrafos siguientes.

Se tiene como **antecedentes internacionales**, a Arteaga y Loja (2018), que fijaron como **objetivo**: diseñar un adobe estabilizado con emulsión asfáltica mejorando sus propiedades mecánicas, se aplicó una **metodología**: de tipo aplicada y diseño experimental, se obtuvo los siguientes **resultados**: para los ensayos de compresión, flexión y absorción del adobe se consideró las siguientes dosificaciones 0%, 2.5%, 5%, 7.5% y 10%, en tales casos los resultados fueron para compresión: 12.74, 12.4, 13.35, 15.28 y 20.68 kg/cm² para cada dosificación, en el ensayo de flexión: 1.84, 2.04, 2.24, 2.55, 2.86 kg/cm² respectivamente y en absorción: 3, 0.93, 0.78, 0.43, 0.41% respectivamente, en un tiempo de 10 min, se llegó a la **conclusión**: todas las dosificaciones superaron el mínimo requerido, a su vez el mejor resultado se obtuvo al utilizar una dosificación del 10% ya sea en el ensayo de compresión, flexión y absorción. Luego se tiene a Ruiz Serrano (2019), fijó como **objetivo**: fomentar el desarrollo local sustentable en Santa María La Asunción, Municipio de Zumpahuacán, Estado de México a través de la elaboración de adobes de arcilla con fibras de agave, se aplicó una **metodología**: Aplicada, de diseño experimental y de enfoque mixto, se obtuvo los siguientes **resultados**: se consideró 4 dosificaciones de 18% para las fibras zacate, bagazo, agave y bagazo + agave, para el ensayo de compresión el resultado fue 3.30, 4.47, 3.34 y 4.15 kg/cm² respectivamente, en el ensayo de absorción el resultado fue 12.91, 13.37, 13.26 y 13.79 % para cada fibra, se fija como **conclusiones**: los ensayos con bagazo presenta una mayor resistencia a la compresión sin embargo el porcentaje de absorción es alto, por otro lado la fibra tradicional (zacate) presenta una resistencia a la compresión menor que el bagazo pero su porcentaje de absorción es menor a su similar. Finalmente se tiene a Chuya y Ayala (2018), fijaron como **objetivo**: analizar y comparar el comportamiento de la fibra de vidrio como refuerzo en el adobe frente al adobe tradicional, se aplicó una

metodología: Aplicada, con lo cual se obtuvo los siguientes **resultados:** se consideraron 5 dosificaciones para los ensayos de resistencia a la compresión axial y diagonal, los porcentajes de fibra fueron 0%, 0.6%, 2.8%, 3.4%, 6.8% y 7.9%, como resultado en el ensayo de compresión tenemos: 1.398, 1.519, 1.32, 1.321, 1.148 y 1.34 kg/cm² respectivamente, así mismo en el ensayo de flexión se tiene: 0.199, 0.683, 0.658, 1.023, 0.82 y 1.042 kg/cm², se fija como **conclusiones:** que al utilizar 0.6% de fibra de vidrio para el ensayo de compresión brindo los mejores resultados, alcanzando 1.519 kg/cm², en el ensayo de flexión la dosificación de 7.9% alcanzó el mejor resultado el cual fue de 1.042kg/cm², por tanto el uso de la fibra de vidrio como estabilizador en el adobe es recomendable ya que aumenta las resistencias mecánicas del adobe.

Se tiene como **antecedentes nacionales**, según Laime Ancalle (2020), fijó como **objetivo:** Determinar que la incorporación de la fibra de totora mejora el comportamiento físico y mecánico en la elaboración del adobe, en ella se ha aplicado una **metodología:** Aplicada de diseño experimental con enfoque cuantitativo, se obtuvieron los siguientes **resultados:** se tiene 4 dosificaciones de fibra de totora (0%, 1.5%, 3% y 4.5%), para el ensayo de compresión se tiene los siguientes resultados: 14.39, 26.67, 30.49 y 34.26 kg/cm² respectivamente, en el ensayo de flexión se tiene: 4.07, 4.40, 6.50 y 10.08 kg/cm² respectivamente, así mismo en la prueba de absorción la muestra fue sumergida durante 24h. tendiendo los siguientes resultados: 26.68, 27.14, 27.83 y 28.95% para cada dosificación, finalmente se fija como **conclusiones:** a medida que aumenta la dosificación de la fibra aumenta la resistencia a la compresión, flexión y también en el ensayo de absorción, sin embargo los valores descienden al superar la dosificación del 5%. Luego se tiene Arteaga y Wong (2020), fijaron como **objetivo:** evaluar las propiedades físicas y mecánicas del adobe con adición del 0 %, 5%,10% y 15% de la fibra de Bambú, con el fin de mejorar significativamente sus propiedades en comparación al adobe tradicional, la **metodología:** aplicada, enfoque cuantitativo y de diseño experimental, a continuación se obtuvieron los siguientes **resultados:** se realizó cuatro dosificaciones (0%, 5%. 10% y 15%), el resultado para el ensayo de compresión fue de (10.40, 16.85, 21.30 y 18.77kg/cm²) respectivamente, en el ensayo de absorción las muestras se deshicieron al ser sumergidas durante 0.48, 1.23, 2.12 y 3.09H respectivamente, también en el ensayo de variación dimensional (L, A, H) los resultados en las

dosificaciones de: 0% (1,2,3), 5%(0,2,5), 10%(0,1,4) y 15%(0,1,3), finalmente se fija como **conclusiones:** los resultados para las muestras ensayadas con la adición de la fibra de bambú son superiores al adobe tradicional, sin embargo los valores disminuyeron en la dosificación de 15%. Finalmente se tiene a Paucar Sevillano (2018), fijó como **objetivo:** diseñar un adobe con adición de poliestireno para la construcción de viviendas climatizadas en la zona rural del distrito de Caraz, se aplicó una **metodología:** Aplicada de diseño experimental, se tienen los siguientes **resultados:** se consideró 4 dosificaciones, 0%, 1%, 2% y 3%, para los ensayos de compresión los resultados son: 16.66, 23.67, 35.82 y 42.35kg/cm² respectivamente, en el ensayo de absorción tras un tiempo de 24 h. se obtuvo 21.59%, 20.26%, 13.80% y 9.31% para cada dosificación, el alabeo cóncavo de las dosificaciones fueron las siguientes: 0% (3mm.), 1% (1.58mm), 2% (2.015mm), 3%(2.15mm), en el alabeo convexo de 0% (2.015mm), 1% (2.435mm), 2% (2.015mm), 3% (2.18mm), se fija como **conclusiones:** la adición de poliestireno mejora las propiedades físicas y mecánicas de adobe, el mejor resultado se obtuvo al utilizar 3% de poliestireno, sin embargo los resultados fueron variados en el ensayo de alabeo.

Fibra natural: a través de la historia la utilización de las fibras naturales ha sido de mucha importancia, debido a sus múltiples usos, el aprovechamientos de las fibras ha traído grandes beneficios siendo los más utilizados en la manufactura textil, sin embargo también se ha utilizado para elaborar cuerdas, utensilios, depósitos, herramientas de caza y de soporte. Algunos de las fibras más utilizadas son: el lino, la cabuya, yute, algodón, madera para papel y cartón, así como un sinnúmero de plantas que dieron lugar a una variedad de productos cotidianos que hoy en día son de vital utilidad, en ese sentido la extracción de las fibras de la planta puede darse de varias partes de la planta como el tallo, las hojas, las semillas, los frutos e incluso el recubrimiento de estas. Según Vidal y Hormazábal (2016) una planta puede ser clasificada de acuerdo al lugar en donde se encuentra la fibra, esta clasificación depende si la fibra se encuentra presente en el tallo o en las hojas, las plantas como el cáñamo, yute, lino, etcétera, pertenecen al tipo de planta en donde la fibra se encuentra en el tallo, ésta fibra se le conoce como fibra dura, así mismo plantas como la yuca, el sisal o el esparto pertenecen al tipo de planta que contiene fibra en las hojas, éste último tipo de fibra es la más resistente debido a que la consistencia está

relacionada a la cantidad de celulosa, entre más alta sea la concentración de celulosa más resistente será la fibra.

Figura 1 *Fibra natural de cáñamo*



Fuente: Eduarda Bordón (2012)

La palmera Phoenix Canariensis: es una planta muy popular y típica de las islas canarias, ya que es motivo de orgullo nacional, debido a su belleza y utilidad que le dan, además de crecer de naturalmente en todas las islas canarias, ésta especie de palmera se adapta con facilidad a los diferentes climas, debido a su ubicación la palmera ha desarrollado resistencia al aire salino y resiste largas sequías, los mejores especímenes se encuentran en las partes bajas de las islas aunque pueden encontrarse tanto en las laderas, riscos y cimas de las islas.

Figura 2 *Palmera Phoenix Canariensis*



Fuente: Magui Olangua (2019)

Características de la palmera Phoenix Canariensis

Esta palmera es de característica robusta y alta, pudiendo alcanzar hasta 20m de altura, el tallo es recto y presenta un diámetro de 70 a 80cm, alrededor de 20 a 50 hojas conforman la copa dándole a la palmera una forma redondeada, las hojas son flexibles y alcanzan una longitud de 7m, las hojas contienen entre 150 a 200 pares de hojuelas las cuales terminan en forma puntiaguda, la base de las hojas son resistentes y contienen espinas afiladas de color mármol, los frutos no contienen mucha pulpa, muy parecidas a los dátiles, los frutos maduros tienen una longitud de 2cm y son de color amarillo con tonos anaranjados.

Figura 3 Características de las hojas de la palmera



Fuente: Mónica Sánchez (2019)

Empleo de la palmera Phoenix Canariensis

Debido a que esta palmera es muy representativa para los pobladores de canarios, es natural comprender el uso diverso que le dieron a esta planta, especialmente las fibras ya que se utilizaron mucho, entre ellas tenemos:

La fabricación de ropa (trajes), sombreros, bolsas (mochilas), contenedores pequeños (cestas), votes o navíos para surcar el mar, redes para la pesca, entre otros. Las hojas también son utilizadas en los pórticos de las iglesias o casas adornándose de esa manera.

Uso de la palmera en Latinoamérica.

Es común ver la palmera Phoenix Canariensis en todo Latinoamérica debido a su fácil adaptación a los diversos climas que presenta cada país, en Perú la palmera Phoenix Canariensis se ha desarrollado con normalidad, siendo muy populares para los adornos de parques y áreas verdes, es por ello que podemos verlas en todo el territorio nacional, sin embargo para la amazonia las palmeras son de gran importancia en la

vida de las personas que viven en las comunidades, siendo fuente de protección, vestimenta, alimentación, cultura e incluso una fuente de medicina natural, todas estas facetas del uso de las palmeras son transmitidas de generación en generación, y a pesar de la importancia de esta planta podemos observar una disminución de la cantidad de palmeras debido a la deforestación y la explotación indiscriminada, afectando el abastecimiento de comida y materiales que benefician al poblador amazónico. Así mismo la palmera *Phoenix Canariensis* es utilizada en la región aunque de manera más reducida en comparación con el uso que se da en la amazonia,

Figura 4 *Palmera Phoenix Canariensis en Cusco*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Uso de la fibra de la palmera

Así como en otros lugares las hojas de esta palmera son utilizadas en diversas actividades, con más frecuencia en la amazonia, las más visibles son aquellas que se utilizan en la cubierta de techos de los hogares y negocios, que brindan confort dentro del hogar haciendo que sea un ambiente más fresco, también las cubiertas con hojas de palmera son resistentes al desgaste producido por el clima, con una estimación de 10 años aproximadamente.

Figura 5 *Casa con cubierta de hojas de Palmera*



Fuente: Brañas (2017)

Otra actividad muy difundida es la elaboración de diversas artesanías, hamacas, sombreros, sogas, etcétera. Para la elaboración de todos estos productos se aprovecha la fibra de la palmera extraída de las diferentes partes de la planta de acuerdo a la necesidad,

Figura 6 *Artesanías con la hoja de Palmera*



Fuente: Diario El Productor (2018)

Historia de la construcción en tierra: Desde las primeras eras de la existencia del hombre, y pasando por las jóvenes civilizaciones en el mundo podemos observar que

el uso de la tierra como material de construcción ha sido muy difundida y apreciada ya que ha proporcionado cobijo y seguridad a la humanidad.

Un ejemplo que tenemos en el mundo es del sitio arqueológico llamado Lambityeco, ubicado en México, según Guerrero Baca (2014), en el sitio arqueológico se encuentran ambientes construidos con piedra y adobe, lugares que habrían sido empleados como vivienda y ambientes comunes como lo fue un mercado que tiene forma piramidal, estas construcciones datan del 600 a.C. y podrían haber sido habitadas entre los años 600 a.C. y 800 a.C.

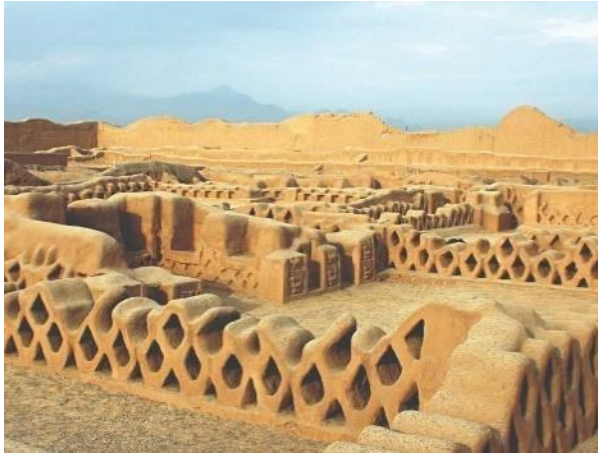
Figura 7 *Zona arqueológica Lambityeco*



Fuente: Morales (2016)

Así mismo es muy reconocido el uso que se ha dado a la tierra como material de construcción en nuestro país, debido a ello guardamos ejemplos del uso del adobe como es en la ciudad de Chan Chan, de la cultura Chimú, considerada la ciudad de barro más grande y antigua de América, en ellas podemos ver las técnicas que usaron para la construcción de sus viviendas, la ciudad de Chan Chan asentada aproximadamente a finales del año 600 d.C. y comienzos del año 700 d.C. fue la ciudad más importante de la civilización Chimú, lugar de comercio y vivienda, también en ellas podías encontrar talleres y templos, en este antigua ciudad se estima que vivieron alrededor de 60,000 a 100,000 habitantes, debido a su arquitectura se puede visibilizar calles y murallas que delimitan y distribuyen a la población Chimú, fue tan grande el esplendor de esta ciudad que rápidamente llamo la atención de otras culturas, en este caso los Incas quienes en el año 1470 fue saqueada y destruida, en ese sentido entendemos que el uso del adobe como unidad de construcción ha sido y será recurrente para edificar los hogares.

Figura 8 *Ciudadela de Chan Chan*



Fuente: Varsavsky (2019)

El Adobe: es una agrupación de materiales integrados entre sí, de forma regularmente rectangular, según Moscoso Cordero (2016) para elaborar los adobes se utiliza un conglomerado de arena, agua y arcilla, además de utilizar fibra natural, el más común de todos es la paja, este material aporta rigidez a los bloques, de esta manera se refuerza la resistencia al corte, así mismo se les da forma con moldes hechos de madera o metal, finalmente se dejan secar al sol.

Finalmente la norma técnica peruana E080 (NTP, 2017) define al adobe como elemento constituido por tierra sin cocer que puede estar combinada con arena gruesa o paja ya que estos aportan fortaleza y perennidad.

Figura 9 *Elaboración de adobes*



Fuente: Baresch (2005)

Adobe tradicional: son aquellos adobes elaborados de manera artesanal con una base de tierra y paja, estas unidades no cuentan con inspección ni control de la calidad del adobe (más que solo de la persona encargada de la conformación del adobe), tampoco los moldes ni las especificaciones requeridas en la norma E080. Debido a ello estas unidades son propensas a presentar fisuras o grietas que debilitan al bloque,

también no prestan garantías de contener las resistencias mínimas detalladas en la norma técnica peruana, esto significaría un riesgo al momento de enfrentar a las fuerzas sísmicas así como al clima.

Figura 10 *Adobes tradicionales*



Fuente: Harneis (2015)

Adobe estabilizado: los adobes estabilizados son unidades de albañilería que han sido fortalecidas sus propiedades físicas mecánicas, utilizando diferentes productos e insumos. Según la norma española 41410 (UNE, 2008) existen tres tipos de estabilización, la estabilización física, química y mecánica, cada una de ellas influye de manera particular en el suelo, estas se conforman de acuerdo a la influencia que tengan en el suelo, en ese sentido se reconoce como suelo estabilizado a aquel que resiste a la influencia del agua y contiene una buena resistencia a la deformación.

De la misma forma la NTP E080 (2017) indica que se puede usar materiales naturales como la paja o fibra vegetal, también arena u otros recursos para fortalecer las propiedades físicas mecánicas del adobe.

Características del adobe: el adobe contiene una variedad de características entre ellas tenemos la baja conductividad térmica, haciendo que las viviendas sean confortables, también la facilidad de obtención de los recursos para elaborar los bloques de adobe, ya que estas se encuentran en el lugar de la construcción o sus alrededores, entre las características más notables del adobe resaltamos el bajo costo que se requiere para elaborar los bloques, a su vez la facilidad de manejo y transporte hace del adobe un material ecológico y de fácil acceso para todas las familias.

Componentes del adobe: los componentes o materiales que se necesita para la elaboración de los bloques de adobe son los más básicos, ya que la tierra que se utiliza puede ser la misma donde se desarrollara la obra, solo tiene que tener una adecuada gradación o equilibrio tanto con los componentes finos llamados arcillas y los componentes gruesos como es el limo y grava, así mismo es necesario la adición de fibra natural, el más común es la paja, a su vez para tener una buena mezcla de los insumos se adiciona agua, es así como obtenemos los bloques de adobe artesanal.

Suelo para el adobe: según se indica en la NTP E080 (2006) el suelo que se utilizará para elaborar los bloques debe tener la siguiente gradación: arena entre 55–70%, limo entre 15-25% y arcilla entre 10 y 20%, sin embargo en una nueva publicación de la norma técnica peruana E 080 en el 2017 indica que para seleccionar un suelo adecuado para la fabricación del adobe ésta debe ser sometida a los ensayos de cinta de barro y resistencia seca, por tanto la evaluación y selección del suelo se desarrollara de acuerdo a la actual norma publicada en el año 2017, así mismo no se considerará material útil los suelos orgánicos, en todo caso se debe retirar esa capa y tomar el resto, para los adobes estabilizados los valores mencionados para cada componente variarán.

Figura 11 *Suelo para adobe*



Fuente: Eduardo Soto (2014)

Arcilla: es un conglomerado de minerales y sustancias emulsionadas provenientes de la degradación de las rocas alumínicas, la arcilla está constituida por sílices, alúmina y agua, etcétera, un resumen los minerales de la arcilla son silicatos de aluminio. También la NTP E080 (2017) define a la arcilla como material indispensable en la conformación del barro, debido a que sus partículas reaccionan al combinarse con el agua proporcionando una mejor integración entre las partículas, consolidándose mejor

la mezcla del barro de tal manera que al endurecer ésta se convierta en un material de construcción, así mismo el tamaño de las partículas de la arcilla son menores a 0.002 mm.

Figura 12 Bancos de arcilla



Fuente: Jesus Porras (2016)

Grava y arena: es importante saber que estos agregados aportan resistencia final a la mezcla es por ello que para la fabricación de las unidades de adobe se requiere la presencia de esta, en ese sentido la adición de la arena y grava disminuyen las fisuras ocasionadas por el secado, el tamaño de la arena varía entre 0.06 y 2 mm, así mismo la grava posee un tamaño que va desde 2 a 20mm, también se debe tomar que todas las fuentes de grava y arena son utilizables salvo las provenientes del mar ya que estas contienen sal.

Figura 13 Conglomerado de grava y arena



Fuente: Rebeca Morales (2020)

Limo: posee una granulometría que se encuentra entre la arcilla y la arena fina, su constitución proviene de los sedimentos en suspensión transportados por los ríos y arroyos, el tamaño del limo varía entre 0.002 y 0.08mm, ya que es un material no cohesivo es difícil la construcción sobre estas, es por ello que se necesita una cimentación especial para este tipo de terrenos.

Figura 14 *Apariencia del suelo limoso*



Fuente: Catalina Maldonado (2019)

Paja: así como la grava y la arena que contribuyen a evitar las fisuras en el adobe, también las fibras (paja) ayudan a no generar fisuras que debilitan a los bloques de adobe, adicionalmente mejoran la trabajabilidad de la mezcla, se recomienda usar fibras con un tamaño entre 5 a 10 cm.

Figura 15 *Fibra natural de Paja*



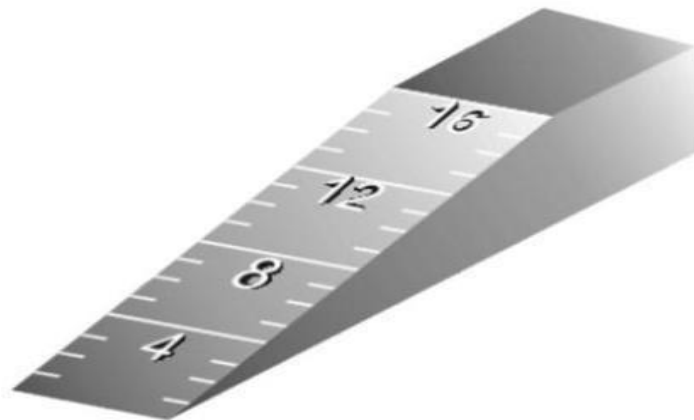
Fuente: Elaboración propia

Propiedades físico mecánicas del adobe

Alabeo: es aquella deformación en la forma del adobe evidenciado al apoyar la base del adobe sobre una superficie plana, esta deformación ocasiona que la junta sea más espesa, también se reduce el área de contacto del adobe con la estructura, a su vez puede producir fallas por flexión, para la Norma Técnica Peruana 399.613 Unidades de albañilería (2005) las herramientas para la determinación del alabeo son las siguientes: regla o cuña de medición, superficie plana, 10 muestras.

Figura 16

Cuña de medición.



Fuente: NTP 366.613 (2005)

Figura 17 *Medición del alabeo en el bloque de adobe.*



Fuente: Torres Ramirez (2012)

Variación dimensional: se hace referencia a la variación de las dimensiones del adobe producida por diferentes factores como tipo de material, temperatura, humedad, etcétera, en ese sentido la variación de las dimensiones ocasiona el aumento del espesor de la junta y debilitando la resistencia a la compresión del muro de albañilería, para la NTP 399.613 (2005) los instrumentos a utilizar son: una regla de acero graduada de 30cm o un calibrador con dimensiones de longitud de 25mm a 300mm, la cantidad de muestras a tomar serán 10 unidades.

Figura 18 *Medición de las dimensiones del ladrillo para evaluar la variación dimensional*



Fuente: Elaboración propia

Absorción: para la NTP 399.613 (2005) el ensayo tiene como objetivo determinar el grado de saturación, expresado en porcentaje, de la unidad de albañilería, el ensayo indica la facultad de absorción de agua que adquiere la muestra.

Figura 19 *Bloques de adobe luego de estar en contacto con el agua.*



Fuente: Sandoval et al. (2011)

Resistencia a la compresión: ensayo que consiste en someter la muestra a una presión axial para conocer el esfuerzo resistente en base al área de la sección transversal expresado en kg/cm^2 . La herramienta de medición será la prensa hidráulica, el ensayo se realizará de acuerdo a la NTP E080.

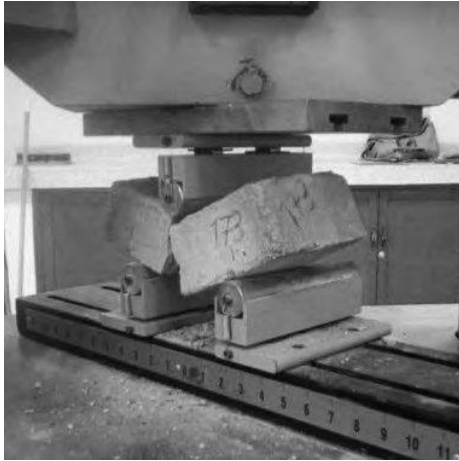
Figura 20 *Compresión de los adobes en la prensa hidráulica.*



Fuente: Laime Ancalle (2019)

Resistencia a la flexión: ensayo que determina las deformaciones, rotura y módulo elástico de la unidad de albañilería por medio de la prensa hidráulica, al igual que en el ensayo de compresión, este ensayo se realiza bajo las indicaciones de la NTP E080.

Figura 21 *Falla del adobe luego de aplicar fuerza con la prensa hidráulica.*



Fuente: Afanador et al. (2013)

Ventajas del uso de adobe: el adobe presenta diversas ventajas como material de construcción, entre ellas tenemos lo siguiente: es muy versátil pudiendo adquirir las formas que se requiera, además de ser de bajo costo de fabricación, también los materiales son de fácil adquisición ya que se encuentran cerca al lugar de la obra, los adobes son sencillos de fabricar no necesitando mano de obra calificada, a su vez presentan propiedades térmicas, sirven como aislantes térmicos y acústicos, otra característica del adobe es que es de baja conductividad térmica, son reutilizables y lo mejor de todo son ecológicos.

Desventajas del uso de adobe: existen diversas desventajas en el uso del adobe como material de construcción entre ellas: la construcción con adobe está limitada por el número de elevaciones para la vivienda, que regularmente son de dos niveles por edificación, según la NTP E080 (2017) para una edificación con adobe los elementos estructurales y las características que estas contengan, ya sea la separación de los arriostres, la altura de los muros, el peralte, espesor y consistencia de ésta, deben ser homogéneas, construidas de manera continua utilizando la misma técnica o en otras palabras de característica continua.

Además son vulnerables a la acción de la naturaleza como las lluvias, vientos, terremotos e inundaciones, así mismo las unidades de adobe ocupan mucho espacio para la conformación de los elementos estructurales de la vivienda.

Figura 22 *Falla en muro producido por el movimiento del suelo*



Fuente: COER Áncash (2019)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: La presente investigación se considera de tipo aplicada, según Ñaupas et al. (2018) una investigación es de tipo aplicada debido a que está sustentada por investigaciones previas como son: las investigaciones básicas, puras o fundamentales, además la investigación aplicada está dirigida a solucionar los conflictos sociales de una comunidad, región o país.

Diseño de investigación: según Ñaupas et al. (2018) para poder resolver las interrogantes de la investigación es necesario aplicar un diseño el cual está conformado por planes o sistemas que facilitan el alcance de las metas. Este proyecto se aboca a un diseño experimental cuasi-experimental, ya que controlaremos una variable el cual no será asignado al azar.

Enfoque de investigación: para una investigación se considera dos tipos de enfoques, un enfoque cualitativo que es un estudio de la realidad sin la intervención de adjetivos de lo que es correcto o incorrecto, ni opiniones del investigador, y cuantitativo cuando se considera las ideas, pensamientos, afecciones de una población que afectan a la investigación. En ese sentido el enfoque de la investigación será cuantitativo, de modo que los datos, medidas y resultados serán expresados numéricamente, según Martínez Ruiz (2018) la investigación cuantitativa busca explicar los resultados desde un punto de vista numérico ya que estos pueden ser procesados y organizados utilizando la estadística.

Nivel de investigación: al desarrollar el proyecto de investigación se profundizará en los fenómenos y objetivos del estudio, mediante los ensayos determinados en la norma técnica peruana E080, por lo tanto el nivel de la investigación será explicativo, para Niño Rojas (2019) una investigación explicativa es más completa ya que se explica las preguntas de manera más profunda y concisa, también se enfoca en responder por qué y las causas de las cosas, por tanto se hace una análisis de causa – efecto.

3.2. Variables y operacionalización.

Variable independiente: hoja de palmera.

Definición conceptual: la palmera es una planta muy conocida y utilizada en toda la amazonia por los pobladores, cabe resaltar algunas de sus características

que presenta que son las siguientes: una estípita de 10 a 15m de altura y de 20 a 35 cm de diámetro en el tallo, hojas pinnadas en número de 9 a 15, las hojas tienen un largo de 7m aproximadamente y 1.4m de ancho, también los frutos son distribuidos en racimos de 1.5m de largo de color verde claro.

Definición operacional: se consideró adicionar las hojas de palmera en 4 dosificaciones las cuales son: 0%, 0.50%, 0.75% y 1%, así mismo las dimensiones que se utilizaron son: tiras de 10cm de largo y 1 cm de ancho, las cantidades fueron pesadas con una balanza de medición, las hojas fueron posteriormente empleadas en la elaboración de los bloques de adobe.

Indicadores: para un mejor estudio de las hojas de palmera se ha considerado realizar dos ensayos los cuales son: la cuantificación de celulosa y el ensayo de tracción de las fibras.

Variable dependiente: adobe.

Definición conceptual: el adobe es un bloque de tierra conformado por arcilla, arena, limo y fibras vegetales, regularmente los bloques tienen un diseño rectangular, el adobe es utilizado en la construcción de viviendas, cercos, granjas, etcétera, siendo muy utilizado en todo el Perú desde la antigüedad.

Definición operacional: para la investigación los adobes serán elaborados de manera artesanal y con la adición de las hojas de palmera, con las siguientes dimensiones: 24cm x 12cm x 8.5cm y 10cm x 10cm x 10cm, adicionalmente para conocer los valores alcanzados el adobe se someterá a ensayos físicos, los resultados se expresaron en milímetros y porcentajes, en los ensayos mecánicos los resultados se expresaron en kg/cm².

Indicadores: en los ensayos físicos tenemos: variación dimensional, alabeo y absorción, para determinar las resistencias mecánicas los ensayos serán: resistencia a la compresión axial y resistencia a la flexión.

Escala de medición: Tipo nominal.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: para Niño Rojas (2019) la población en una investigación está conformada por todos los elementos o recursos existentes en el área de investigación. En nuestro caso, la población a tomar serán todos los bloques que se elaboraron.

Muestra: es una porción representativa de la población que ha sido seleccionada para realizar los ensayos pertinentes, para la investigación se tomó una muestra de 108 unidades de adobe

Tabla 1

Cantidad total de unidades de adobe para ensayar

Cantidad de adobes				
Ensayo	Patrón	0.5%	0.75%	1%
Compresión axial	6	6	6	6
Resistencia flexión	6	6	6	6
Absorción	5	5	5	5
Variación dimensional	10	10	10	10
Alabeo	10	10	10	10

Fuente: Elaboración propia

Muestreo: para la investigación se considera el muestreo no probabilístico, que según Maldonado Pinto (2018), en este tipo de muestreo los elementos se eligen por conveniencia, de acuerdo al objetivo que se quiere lograr en la investigación, por lo tanto no se deja al azar y no depende de la probabilidad, cabe resaltar que el muestreo es una parte que se desprende de la población. Así mismo el método será la observación, puesto que los elementos se escogerán y analizarán por medio de la inspección.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para Niño Rojas (2019), a fin de obtener los valores y toda la información requerida para la investigación es implícito aplicar técnicas pre establecidas que en concordancia con el método científico se logren recabar todos datos necesarios.

En la presente investigación la técnica utilizada es la observación directa, debido a que se observó, evaluó, y registró los datos de las variables, así mismo el instrumento de recolección de los datos se realizó por medio de las fichas, en ese sentido se realizarán ensayos que nos permitan conocer la composición del suelo para el adobe, como son: la granulometría, límites líquido y límite plástico, contenido de humedad, también para conocer las propiedades físicas del adobe se realizará los ensayos de absorción, variación dimensional y alabeo, los

ensayos de esfuerzo como el ensayo de compresión y de flexión, nos revelarán las propiedades mecánicas del adobe, todos los ensayos serán guiados por la NTP E080 y NTP 399.613.

Validez

Los ensayos a realizar están regidos por las normas AASHTO, ASTM, NTP, para la investigación el desarrollo de los ensayos serán verificados y validados por 3 especialistas quienes a través de sus firmas darán fe del correcto desarrollo y ejecución de los ensayos.

Confiabilidad

Los ensayos realizados en el laboratorio serán dirigidos por el especialista encargado quien emitirá un informe sobre el desarrollo de los ensayos y además se expedirá un certificado que indique que los instrumentos utilizados están debidamente calibrados.

3.5. Procedimientos

Disposición de las hojas de palmera

Las hojas de palmera fueron adquiridas en la ciudad del Cusco, donde se realizó un proceso de limpieza y lavado con agua potable ya que las hojas contenían impurezas como suciedad y otros restos vegetales.

Figura 23 *Lavado de las hojas de palmera*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Una vez limpia se procedió a secar las hojas para luego ser cortadas a un tamaño de 10cm de largo y 1 cm de ancho, de esta manera se empleó en la mezcla del barro para el adobe.

Figura 24 *Secado de las hojas de palmera*



Fuente: Elaboración propia (2021)

La cantidad de la hoja que se adicionó, se calculó en base al peso del bloque de adobe, siendo sus dosificaciones 0%, 0.50%, 0.75% y 1%. Las hojas se adicionaron después del proceso de amasado y reposado del adobe,

Estudio del suelo Selección de suelo para el adobe

Teniendo en cuenta las especificaciones técnicas en la NTP E080 para la selección del suelo se procederá con los ensayos de campo, evitando utilizar material orgánico como tierra para el adobe, se tiene:

Prueba de cinta de barro: La NTP E080 (2017) describe que en ensayo nos permite determinar el contenido de arcilla en una muestra de suelo, en ella se indica que al tomar una pequeña parte de suelo con la humedad suficiente para hacer un rollo de unos 12mm de diámetro.

Figura 25 *Formación de un rollo para la conformación de los bastoncitos de tierra.*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Se dejó descolgar tomando una forma alargada con un diámetro de 4mm, entonces el bastoncillo se analizó con los parámetros indicados en la norma E080, el cual menciona que si la longitud del bastoncillo está entre 20 – 25 cm el suelo es muy arcilloso y si alcanza una longitud menor o igual a 10cm es suelo carece de arcilla.

Figura 26 *Medición del bastoncillo*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Prueba de presencia de arcilla: prueba de campo que determina el contenido de arcilla del suelo, esta prueba se desarrolla de acuerdo a la NTP E080 (2017), en donde indica que al tomar una porción del suelo, ésta se humedezca y con ella se elaboren 4 bolitas, se dejan reposar por un tiempo de 48 horas para luego tomarse entre el pulgar y el índice y ser presionadas, si la bolita se rompe o se

fisura el suelo en cuestión no sería bueno para usarlo en la elaboración de los adobes a menos que sea mezclado con arcilla hasta que llegue al segundo caso, donde la bolita al ser presionada no se rompe ni fisure, entonces el suelo es bueno para elaborar los adobes.

Figura 27 Conformación de las esferas para la comprobación del contenido de arcilla.



Fuente: NTP E080 (2017)

Al transcurrir las 48 se procedió a aplastarlas tomándolas entre el dedo índice u el dedo pulgar, de tal modo que se evidencien mediante la deformación y fisuras si contiene suficiente arcilla el suelo, en este caso las bolitas no llegaron a presentar mayores fisuras, por lo tanto podemos concluir que el suelo contiene suficiente arcilla.

Figura 28 Aplastamiento de las bolitas de tierra



Fuente: Elaboración propia (2021)

Disposición de la tierra para el adobe

El suelo utilizado para los ensayos previstos y también para la elaboración de los adobes se adquirió en la asociación pro vivienda “Villa San Blas”, para ello se

extrajo el material cuidadosamente seleccionado evitando el suelo agrícola y los restos vegetales, así mismo el suelo fue almacenado en sacos para su posterior transporte, se utilizó aproximadamente 420kg de tierra.

Figura 29 *Obtención del suelo para los adobes*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Ensayo de granulometría

Para Guerra Torralbo (2018), este ensayo busca determinar la conformación del suelo, analizándolas por el tamaño de sus partículas y la cantidad en que están distribuidas.

Tabla 2

Frontera entre suelos granulares y suelos finos

La frontera arena/limo es	
☐	60 m. MIT/DIN/Normas británicas
☐	75 m. ASTM (tamiz n 200)
☐	80 m. UNE
La frontera limo/arcilla es	
☐	2 m. MIT/DIN
☐	5 m. ASTM/US Public Roads Administration

Fuente: Guerra Torralbo (2018)

En ese sentido la muestra tomada para el estudio fue de 1kg, luego se lavó para eliminar las partículas finas, de tal modo que la muestra se encuentre en las mejores condiciones para realizar el ensayo de granulometría. Cabe resaltar que el ensayo realizado fue según la norma ASTM D-2487-00.

Figura 30 *Lavado de la muestra*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Posteriormente la muestra de suelo fue secada en el horno por un periodo de 24h, una vez seca se realizó el ensayo, al realizar el ensayo el suelo fue distribuido según su tamaño al pasar por los tamices, tras ello conocimos los porcentajes de arcilla, limo y grava que contiene la muestra.

Figura 31 *Granulometría del suelo*



Fuente: elaboración propia (2021)

Contenido de humedad

Representa el contenido de humedad que presenta un suelo, según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.127, 1998) el peso del agua en un suelo se manifiesta como un porcentaje y ésta guarda relación con el peso seco del suelo, a ésta cantidad de agua contenida en un suelo se le conoce como el contenido de humedad. En ese sentido para determinar el contenido de humedad la

muestra se colocó en tres recipientes donde se controló un primer peso llamado peso húmedo.

Figura 32 Registro del peso del suelo húmedo y dividido en tres cazuelas.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Posteriormente se dejó secar en el horno a 110 grados, por un tiempo de 24 horas, una vez transcurrido el tiempo de secado, la muestra se pesó teniendo así un peso seco de la muestra.

Figura 33 Secado de la muestra en el horno



Fuente: Elaboración propia (2021)

De esta manera se tuvo una diferencia entre el peso húmedo del suelo y el peso seco del suelo, para determinar el valor del contenido de humedad del suelo se empleó la siguiente ecuación:

Figura 34 Ecuación para el contenido de humedad

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \cdot x \cdot 100$$

$$w = \frac{M_{ews} - M_{es}}{M_{es} - M_e} \cdot x \cdot 100 = \frac{M_w}{M_s} \cdot x \cdot 100$$

Fuente: NTP 339.127 (1998) En

donde:

W : es el contenido de humedad, en porcentaje

M_{ews} : es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos

M_{es} : es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos

M_e : es el peso del contenedor, en gramos

M_w : es el peso del agua, en gramos

M_s : es el peso de las partículas sólidas, en gramos

Límites de consistencia Límite líquido

Indicador importante que nos permite conocer la cantidad de agua que adquiere un suelo antes de reaccionar como un fluido, según Guerra Torralbo (2018), es aquel rango donde la humedad aplicada al suelo, influye en el comportamiento de éste, dejando de ser plástico y entra en un estado líquido. El procedimiento se realizó de acuerdo con la NTP 339.129, en ese sentido la muestra utilizada fue la que paso la malla N 40, se tomó una pequeña porción la cual fue humedecida formando una pasta.

Figura 35 *Humedeciendo el suelo*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Esta se agregó a la cuchara de Casagrande, al ser alisada la pasta se tuvo que separar por un ranurador, la separación del suelo debe quedar limpio y uniforme de tal modo que el siguiente paso en el ensayo se pueda observar cada detalle de la muestra.

Figura 36 Separación de la muestra usando el ranurador



Fuente: Elaboración propia (2021)

Luego la muestra experimentó caídas de la cuchara de Casagrande hasta un máximo de 25 veces, observando en qué momento se unifican las partes de la muestra con una longitud de $\frac{1}{2}$ pulgada, una vez que la muestra separada se unió por causa de las caídas en el aparato de Casagrande, se tomó la región donde se unieron las partes del suelo para posteriormente colocarlas en una cazuela.

Figura 37 Selección de área para ser pesada



Fuente: Elaboración propia (2021)

Finalmente las cazuelas se colocaron en el horno para ser secadas por un espacio de 24 horas, luego se pesaron y se realizó el cálculo determinando el límite líquido del suelo.

Límite plástico

Este ensayo nos permite conocer la humedad necesaria en la que el suelo puede ser moldeado o amasado sin perder su forma, para Guerra Torralbo (2018), es aquel estado en el cual la humedad influye en el comportamiento plástico del suelo haciendo que este sea menos moldeable por ende empieza a presentar grietas, sin embargo el suelo no deja de ser dejar de ser plástico. Siguiendo con lo descrito se seleccionó una pequeña muestra de suelo que pasa la malla N40 y se procedió a humedecer, luego se formaron rollos con los dedos y la palma de la mano sobre una superficie de cristal.

Figura 38 *Formación de bastoncillos con la muestra de suelo*



Fuente: Elaboración propia (2021)

La muestra no debe pegarse a la base de cristal, los bastoncillos deberán llegar a un diámetro de 3.2mm, punto en el cual se vieron las grietas, no es necesario que los cilindros muestren fisuras en el diámetro indicado ya que las muestras ensayadas son diferentes, posteriormente los bastoncillos fueron pesados, es necesario realizar al menos dos muestras para promediar los resultados.

Figura 39 Separación de los bastoncillos para ser pesados



Fuente: Elaboración propia (2021)

Índice de Plasticidad

Para el cálculo del índice de plasticidad se tomó los resultados de los ensayos descritos previamente, esto nos ayudó a conocer el rango en el cual el suelo aún mantiene un comportamiento plástico.

$IP = LL - LP$ Siendo:

$IP =$ Índice de plasticidad del suelo en %

LL = Límite líquido del suelo en %

LP = Límite plástico del suelo en %

Clasificación del suelo

Según Guerra Torralbo (2018) el suelo es un conjunto de diversas partículas, es por ello que para estudiarlo de mejor manera se ha propuesto clasificarlo en grupos de acuerdo a sus similitudes en sus características, propiedades, formas, esto nos permite designar el uso adecuado para cada grupo seleccionado. Luego de los ensayos realizados clasificaremos el suelo utilizando la clasificación SUCS.

Figura 40 Cuadro de clasificación del suelo (SUCS)

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS			
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	ARENA Y GRAVA Y SUELO GRAVOSO	GW	Gravas bien graduadas
		GP	Gravas mal graduadas
		GM	Gravas Limosas
		GC	Gravas Arcillosas
SUELO DE GRANO FINO, 50% O MAS PASA LA MALLA N°200	ARENA Y SUELO ARENOSO	SW	Arenas bien graduadas
		SP	Arenas mal graduadas
		SM	Arenas Limosas
		SC	Arenas Arcillosas
LIMOS Y ARCILLAS (LL<50)	AS	ML	Limo Inorgánicos
		CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad
		OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
	AS (LL>50)	MH	Limos Inorgánicos
		CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad
		OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
Altamente Orgánico		Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos

Fuente: Elaboración propia (2021)

Preparación del adobe

Para la elaboración de los adobes se acondicionó un espacio donde se preparó el barro, primero se retiró todos los elementos extraños como vegetación, piedras y demás elementos que pudieran afectar a la consistencia del ladrillo de adobe, se extendió la tierra para facilitar el manejo y amasado del barro, debido a la cantidad de tierra necesaria para la elaboración del adobe, se decidió mesclar parte por parte hasta llegar a la homogenización de toda la tierra empleada.

Figura 41 Preparación del suelo para los adobes



Fuente: Elaboración propia (2021)

Posteriormente el suelo humedecido se dejó reposar por 48 horas según nos indica la NTP E080, para ello el barro fue cubierto a la sombra, luego de ello se procedió a mezclar con la paja que previamente se seleccionó y cortó en tiras de 10cm, ya que este tamaño nos facilita el manejo del barro al momento de integrar la paja y la hoja de palmera.

Figura 42 Integración de la paja al barro



Fuente: Elaboración propia (2021)

El tamaño de los adobes serán de 24 x 12 x 8.5 cm para los adobes que serán ensayados en las prueba de absorción, alabeo, variación dimensional y resistencia a la flexión, así mismo se consideró adobes con dimensiones de 10 x 10 x 10 cm para evaluar la resistencia a la compresión, para ello se preparó el

molde con las dimensiones especificadas, el molde puede ser del material que prefieran, para este caso se fabricaron de madera.

Figura 43 Moldes para la elaboración de los adobes



Fuente: Elaboración propia (2021)

La adición de la hoja de palmera se hizo en 4 dosificaciones 0%, 0.50%, 0.75%, 1%, luego de haber transcurrido las 48 horas de reposo del suelo, éstas se agregaron de acuerdo a la dosificación requerida, cabe recalcar que para el cálculo de la cantidad de hoja que se necesitó, se tomó en relación al peso del adobe, de esta manera se determinó la cantidad de hoja necesaria.

Tabla 3 Cálculo de la dosificación de la hoja de palmera para bloques (24x12x8.5cm)

Dosificación (24x12x8.5)	Peso promedio del adobe	Cantidad de palmera en gr.	Cantidad und.	Total gr.
Patrón	4160 gr.	0.00	21	0.00
0.50%		20.80	21	436.80
0.75%		31.20	21	655.20
1%		41.60	21	873.60

Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 4 Cálculo de la dosificación de la hoja de palmera para bloques (10x10x10cm)

Dosificación (24x12x8.5)	Peso promedio del adobe	Cantidad de palmera en gr.	Cantidad und.	Total gr.
Patrón	2150 gr.	0.00	6	0.00
0.50%		10.75	6	64.50
0.75%		16.13	6	96.78
1%		21.50	6	129.0

Fuente: Elaboración propia (2021)

El total de hoja de palmera a utilizar es de 2255.88 gramos, una vez que se realizó la mezcla del barro con la paja y la hoja de palmera, se procedió a elaborar los adobes con los moldes ya descritos, en vista de que se elaborarían muchos adobes, para ayudarme con el trabajo lo dividí en porciones pequeñas de ésta manera me fue más sencillo mezclar y formar los adobes.

Figura 44 Mezclado de los insumos para la elaboración de los adobes



Fuente: Elaboración propia (2021)

Como se describió en las tablas 3 y 4 se elaboraron los adobes con dos moldes, debido a que realizamos ensayos de compresión y flexión.

Figura 45 Moldeado de los adobes



Fuente: Elaboración propia (2021)

Al finalizar el moldeado de los adobes se dejó secar por un tiempo de 28 días como mínimo protegiéndolo del sol (secar a la sombra), tiempo en el cual se giraron los bloques para un secado adecuado.

Figura 46 *Volteo de los adobes para el secado adecuado*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Ensayos físicos del adobe Variación dimensional

Para el ensayo de variación dimensional se tomó 10 unidades de adobe representativas de cada dosificación, la medición se hizo con una regla metálica

milimetrada de 30cm, en todas las caras del ladrillo, tal y como está descrito en la NTP 399.613, también se realizó dos mediciones por sección para tener mejores resultados al momento de compilar los valores, posteriormente se comparó y promedió los resultados.

Figura 47 *Medición de las dimensiones de cada bloque.*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Alabeo

Para este ensayo se empleó 10 unidades representativas de cada dosificación, además para la medición se utilizó dos reglas metálicas debido a que no se pudo adquirir una cuña de medición, las reglas están milimetradas con 1mm de separación, al realizar la medición se analizó las deformaciones del adobe los cuales fueron cóncavos o convexos, así como los bordes cóncavos y convexos, al igual que la variación dimensional este ensayo se desarrolló de acuerdo a la norma técnica peruana 399.613 Unidades de albañilería.

Figura 48 *Medición del alabeo cóncavo y convexo de los adobes*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Absorción

En este ensayo se necesitó una balanza de medición con una aproximación de 0.5g, los especímenes tomados fueron 5 para cada dosificación, primero se procedió a secar los especímenes en un horno por 24 horas para obtener el peso seco de cada ladrillo.

Figura 49 *Secado de los ladrillos en el horno*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Posteriormente se sumergió completamente en agua potable por un intervalo de 24 horas siguiendo las indicaciones descritas en la ntp 339.613, a su vez en la norma nos indica que transcurrido ese tiempo se retirara del agua y se limpiará el agua superficial del adobe para ser pesado nuevamente, finalmente se calculará el porcentaje de absorción de cada espécimen, con la siguiente ecuación:

$\% \text{ Absorción} = 100 (W_s - W_d) / W_d$ Se

tiene:

W_d = Peso seco del espécimen

W_s = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría.

Sin embargo se observó que luego de 30 minutos los ladrillos de adobe se desmenuzaron parcial y totalmente, es por ello que no se pudo obtener un registro adecuado del porcentaje de absorción de los ladrillos de adobe.

Figura 50 *Ladrillos de adobe luego de ser sumergidos en agua*

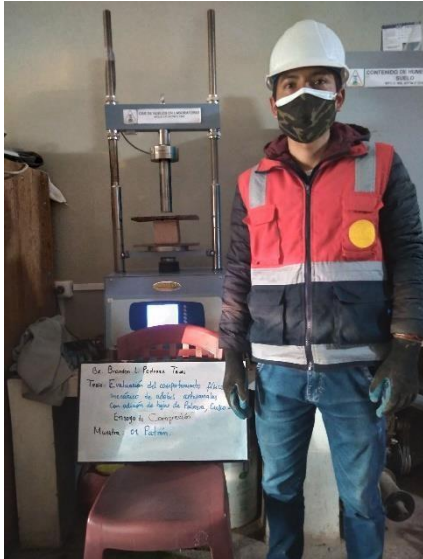


Fuente: Elaboración propia (2021)

Ensayos mecánicos del adobe Resistencia a la compresión

El ensayo de compresión se realizó de acuerdo a la NTP E080, la cual indica que para el ensayo se empleará cubos de adobe de 10cm de arista, así mismo el instrumento a utilizar será una prensa hidráulica, en ese sentido se ensayaron 6 muestras por cada dosificación de los cuales se tomaron los 4 mejores resultados, son estos resultados que se promediaron para obtener el valor definitivo del ensayo para esa dosificación, en total se ensayaron 24 muestras para determinar la resistencia a la compresión.

Figura 51 *Rotura de los cubos de adobe*

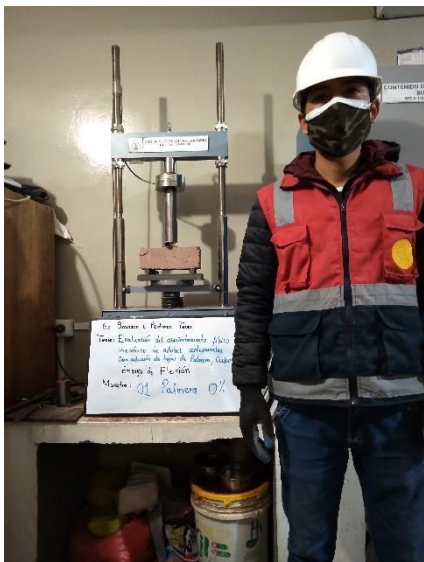


Fuente: Elaboración propia (2021)

Resistencia a la flexión

Al igual que para el ensayo de compresión, este ensayo se desarrolló de acuerdo a lo establecido en la NTP E080, la herramienta utilizada fue la prensa hidráulica, las muestras fueron rectangulares con una dimensión de 24 x 12 x 8.5cm, así también se cumplió con el requerimiento de 6 muestras ensayadas tomando los cuatro mejores resultados para determinar la resistencia a la flexión, en total se ensayaron 24 muestras.

Figura 52 *Falla de los adobes por flexión.*



Fuente: Elaboración propia (2021)

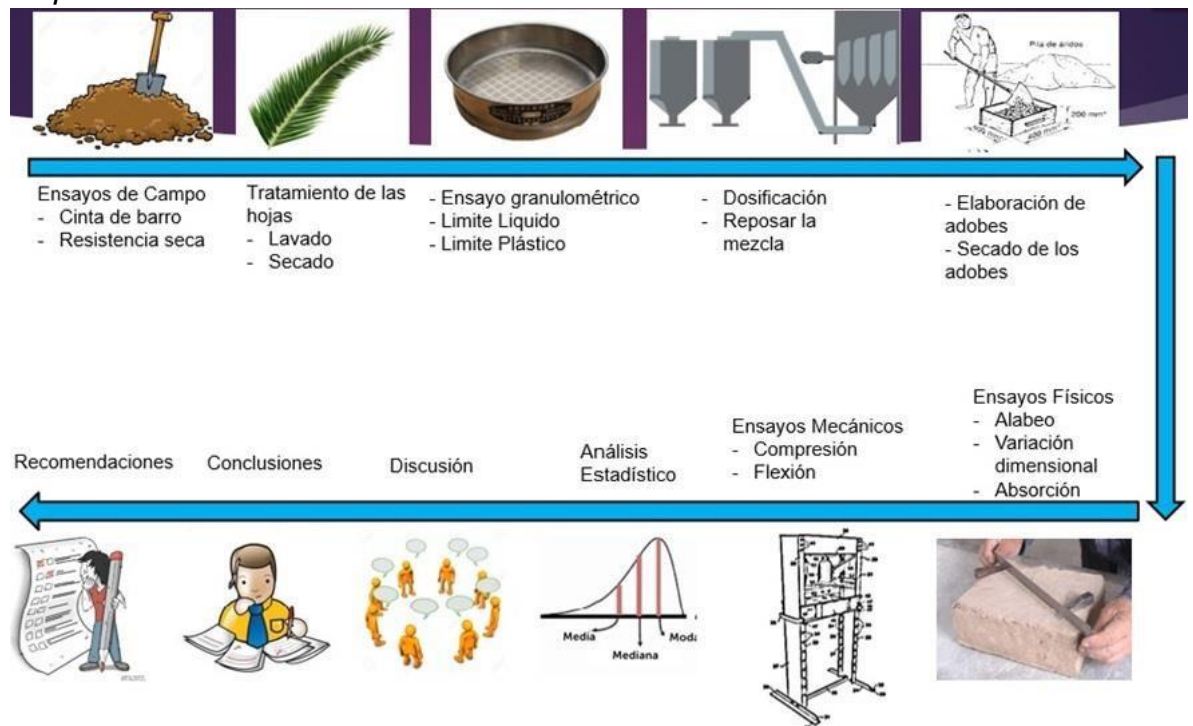
3.6. Método de análisis de datos

Al desarrollar los ensayos y cuantificar los resultados es necesario aplicar métodos que nos permitan procesar la información y cotejarla con los demás datos que tenemos, para Cecilia Ynoub (2007) la síntesis de los datos adquiridos durante la aplicación de los instrumentos y planes, permitirá organizar mejor los resultados proporcionándonos un mejor análisis y comparación, producto de los problemas e hipótesis planteados, aquellos que alentaron al progreso de la investigación.

Para la investigación los valores obtenidos se sintetizarán y organizarán en el programa Excel, generando gráficos o cuadros, que nos permitan exponer de mejor manera los resultados.

Figura 53

Esquema de actividades



Fuente: Elaboración propia (2021)

3.7. Aspectos éticos

El trabajo de investigación se realizó respetando la propiedad intelectual haciendo referencia de ellos sobre su autoría del material incluido en esta investigación como son las fotografías, conceptos e información en general, así mismo los ensayos realizados se efectuaron de acuerdo con la norma técnica peruana e internacional, no se modificó ni acondiciono los resultados hallados, al contrario, el desarrollo de la tesis se da en un contexto de absoluta honestidad y veracidad, siguiendo así el comportamiento adquirido en la vida profesional y personal.

IV. RESULTADOS

Ubicación geográfica

Nombre del proyecto

El trabajo de tesis tiene por título “Evaluación del comportamiento físico mecánico de abobes artesanales con adición de hojas de palmera, Cusco 2021”

Ubicación de la zona de estudio

La tesis se desarrolló en la provincia de Cusco, distrito de Cusco, que está ubicada a 3399 msnm con latitud sur de 13°30'45" y longitud oeste de 71°58'33", la población estimada hasta el 2017 fue de 447588 habitantes, en el distrito del cusco están ubicados los principales atractivos turísticos como es la catedral del Cusco, las calles tradicionales, museos, la plaza de armas del Cusco, las capillas de Santa clara, la merced y demás recintos religiosos que reflejan las creencias de la población, a su vez se encuentran las ruinas de la fortaleza de Sacsayhuaman, el templo de la luna y del sol, también se encuentran los centros de artesanías, donde se exponen los trabajos realizados en telas, madera, metal y piedra, así como sus bellas pinturas y trabajos en arcilla, en fin una variedad inmensa de trabajos que caracterizan a la ciudad del Cusco como el ombligo del mundo y epicentro de la cultura Inca.

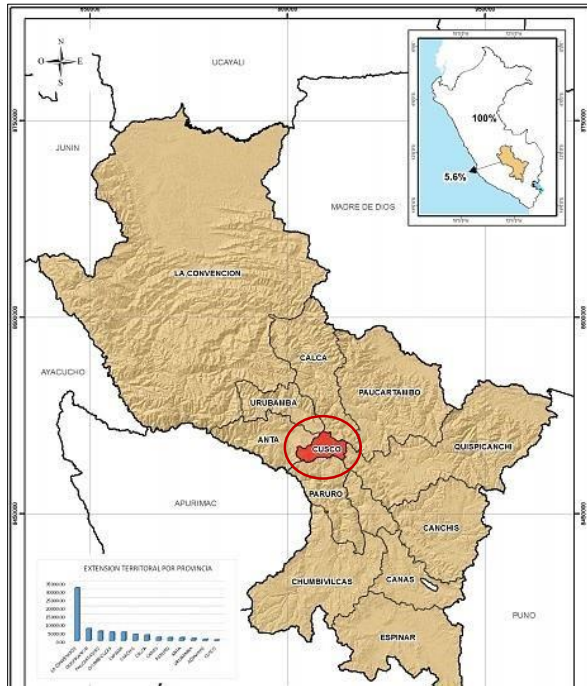
El objetivo de la tesis es determinar cómo influye la adición de la hoja de palmera en las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021, para ello se tendrá 4 dosificaciones para la elaboración de los adobes artesanales, los cuales son: 0%, 0.50%, 0.75% y 1%

Para identificar de manera rápida, el desarrollo de la tesis se encuentra en:

Departamento : Cusco
Región Geográfica : Sierra Sur
Provincia : Cusco
Distrito : Cusco

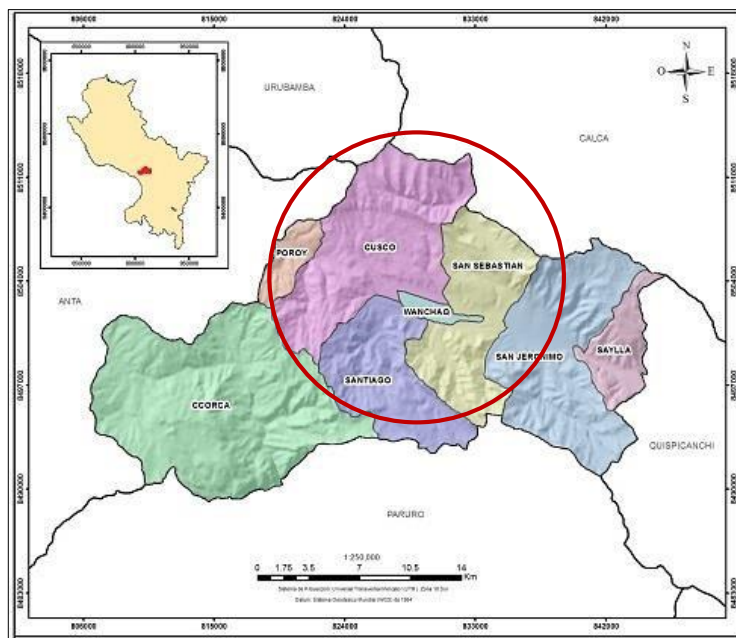
Localización geográfica del proyecto

Figura 54 Ubicación de departamento del Cusco y la provincia del Cusco en el Perú



Fuente: Municipalidad Provincial del Cusco (2018)

Figura 55 Ubicación del distrito de Cusco en el mapa provincial del Cusco



Fuente: Municipalidad Provincial del Cusco (2018)
Ubicación de la zona de extracción del suelo

El suelo utilizado para la elaboración de los adobes se encuentra en la asociación pro vivienda “Villa San Blas”, al costado de la avenida circunvalación, es un lugar apartado del ajetreo de la ciudad y muy concurrido debido al ambiente natural que ofrece, haciendo de este un lugar propicio para paseos familiares.

Figura 56 Ubicación del lugar de extracción del suelo.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Accesibilidad a la zona de estudio

El acceso al lugar de estudio es variado y fácil, ya sea caminando o utilizando el transporte público, podemos iniciar la caminata desde la plaza de armas para luego atravesar el barrio artesanal de la ciudad que tiene por nombre “barrio de San Blas” por el espacio de 10 a 15 min y así llegar a la zona de extracción del suelo, también podemos utilizar el transporte público que se puede tomar en las proximidades de la plaza de armas.

Figura 57 Accesibilidad a la zona de extracción del suelo para el adobe.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Trabajo de Campo

Para el trabajo de investigación se tomó una cantidad de suelo que fue usada para la elaboración de los adobes, a su vez se desarrollaron otros ensayos descritos en la NTP E080.

Tabla 5 Descripción del suelo tomado para la elaboración de los adobes

Muestra	Profundidad	Cantidad
01	60 cm.	420 kg.

Fuente: Elaboración propia (2021)

De acuerdo al promedio de la muestra patrón se procedió a hacer el cálculo de la cantidad de tierra a utilizar, se consideró 84 bloques de dimensiones (24x12x8.5cm) y 24 bloques de (10x10x10cm), además de ellos se tomó en cuenta un porcentaje de holgura del 5%.

Ensayo de cinta de barro

Se tomó una pequeña muestra representativa del suelo, luego de humedecerla lo suficiente se formó una cinta de barro de 4 mm de espesor

Figura 58 Realización del ensayo de cinta de barro



Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 6 Resultado del ensayo de cinta de barro

Muestra	Longitud	Límites NTP E080	Promedio
01	17.00 cm	<10 cm poca arcilla	16.77 cm
02	16.50 cm		
03	16.80 cm	>20cm muy arcilloso	

Fuente: Elaboración propia (2021)

La longitud de la cinta de barro en promedio es de 16.77 cm el cual según los parámetros descritos en la NTP E 080 el suelo se presenta una adecuada cantidad de arcilla.

Ensayo de presencia de arcilla

Se conformó 4 bolitas con el suelo extraído el cual se dejó reposar por un tiempo de 24 horas.

Figura 59 Conformación de las bolitas de tierra para desarrollar el ensayo



Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 7 Resultado del ensayo de presencia de arcilla

Muestra	Tiempo	Mantiene su consistencia
M1	48 h.	Si.
M2	48 h.	Si.
M3	48 h.	Si.
M4	48 h.	Si.

Fuente: Elaboración propia (2021)

Según se detalla las bolitas fueron aplastadas luego de transcurrir las 48 horas indicadas en la NTP E080, estas no se desmenuzaron o agrietaron, de esta manera podemos concluir que el suelo presenta la adecuada cantidad de arcilla necesaria para la elaboración de los adobes.

Ensayos en laboratorio

En esta sección se determinó los valores en la composición del suelo mediante el análisis granulométrico, así como el contenido de humedad del suelo, el límite líquido, el límite plástico, el índice de plasticidad, también se describen el ensayo de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

Contenido de Humedad

Figura 60

Secado de las muestras en el horno para determinar el contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 8 *Contenido de humedad promedio*

W (%) Promedio	9.90%
----------------	-------

Fuente: elaboración propia (2021)

Análisis granulométrico

Figura 61 *Tamizado del suelo para determinar su granulometría.*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 9 *Estudio de la granulometría del suelo para el adobe.*

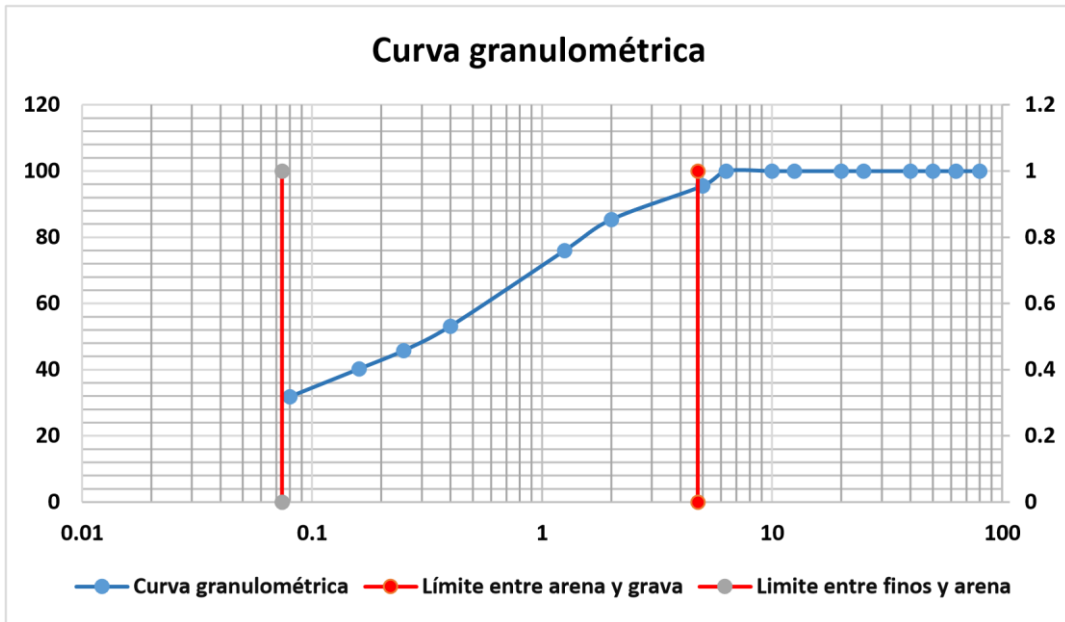
Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
80	100.00	100.00	0.00	0.00

63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	95.56	98.56	4.44	4.44
2	85.37	85.37	16.63	10.19
1.25	75.96	75.96	24.04	9.41
0.4	53.19	53.19	46.81	22.77
0.25	45.79	45.79	54.21	7.40
0.160	40.25	40.25	59.75	5.54
0.080	31.84	31.84	68.16	8.41

Fuente: elaboración propia (2021)

De acuerdo con la tabla 9 podemos determinar que la cantidad de material que pasa el tamiz n° 4 (5mm) es de 85.37%, a su vez el material que pasa por el tamiz n° 200 (0.080mm) es de 31.84%.

Grafico 1 *Límites entre finos, arenas y gravas en la curva granulométrica*



Fuente: Elaboración propia (2021)

Del gráfico 1 podemos observar que la gran mayoría del suelo estudiado está compuesto por arena, así mismo teniendo en cuenta los resultados presentados en la tabla 9, podemos determinar que la cantidad de grava que presenta el suelo es de 4.44 %, la cantidad de arena 55.31% en el suelo y 40.25% de limo y arcilla.

Clasificación del suelo

Tabla 10 Clasificación del suelo

Tipo de suelo	SC: Arena Arcillosa (S.U.C.S.)
---------------	--------------------------------

Fuente: elaboración propia (2021)

Teniendo en cuenta que el suelo empleado está clasificado como arena arcillosa, por tanto el suelo es adecuado para la elaboración de los bloques de adobe.

Límite de Atterberg

Figura 62

Determinación del límite líquido y el límite plástico del suelo.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 11 *Límite de Atterberg*

Límite líquido (LL)	24%
Límite plástico (LP)	17%
Índice de plasticidad (IP)	7%

Fuente: elaboración propia (2021)

De acuerdo a la tabla 7 notamos que el suelo contiene un LP de 17% lo que indica que no es necesario una cantidad alta de agua para lograr un comportamiento plástico de suelo, así mismo no se debe superar ese porcentaje para evitar tener un suelo con comportamiento líquido, finalmente el IP es de 7%, esto nos indica que el suelo es plástico por tanto es adecuado para la elaboración de los bloques de adobe.

Ensayos físicos para el adobe

En esta sección observaremos los resultados obtenidos en los ensayos de variación dimensional, alabeo y absorción, en las diferentes muestras que contienen las dosificaciones de 0% (muestra patrón), 0.50%, 0.75% y 1% de hoja de palmeras en los adobes.

Ensayo de variación dimensional

Figura 63 *Medición de las longitudes del adobe.*



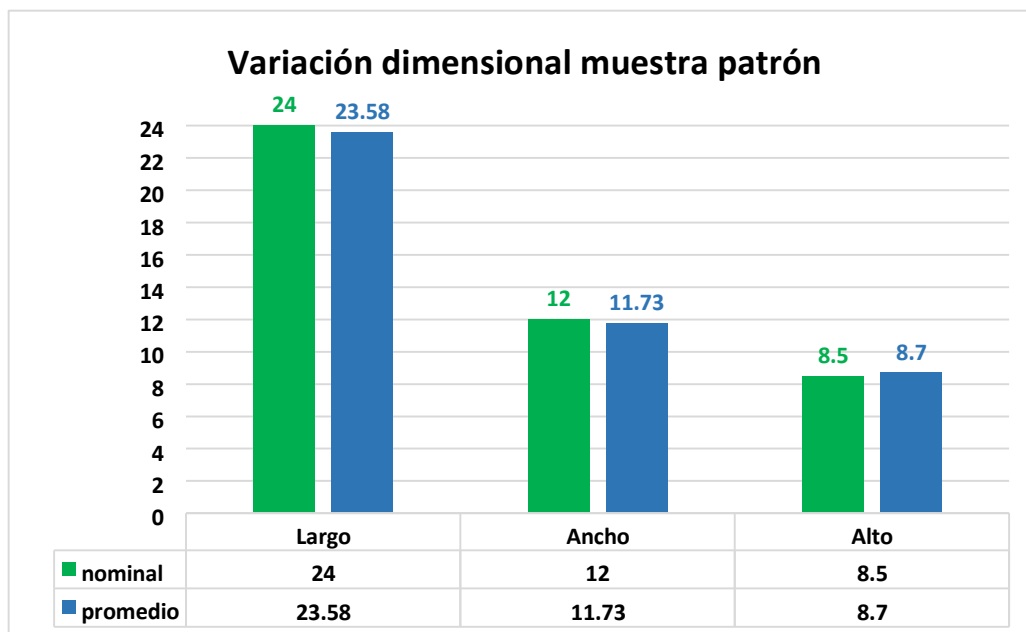
Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 12 Variación dimensional del adobe patrón

Muestra	Largo (cm)				Ancho (cm)				Alto (cm)			
M1	23.40	23.30	23.81	23.89	11.60	11.60	11.79	11.80	8.71	8.75	8.69	8.72
M2	23.55	23.40	23.86	23.67	11.65	11.70	11.82	11.85	8.70	8.69	8.65	8.70
M3	23.40	23.50	23.89	23.68	11.50	11.55	11.90	11.92	8.72	8.69	8.71	8.70
M4	23.40	23.35	23.75	23.52	11.50	11.45	11.91	11.89	8.72	8.70	8.69	8.71
M5	23.30	23.20	23.71	23.75	11.62	11.70	11.90	11.91	8.69	8.65	8.66	8.68
M6	23.31	23.33	23.87	23.77	11.59	11.55	11.92	11.91	8.73	8.71	8.70	8.72
M7	23.47	23.42	23.80	23.78	11.62	11.54	11.80	11.83	8.70	8.69	8.69	8.71
M8	23.32	23.32	23.81	23.82	11.57	11.52	11.82	11.85	8.67	8.65	8.66	8.69
M9	23.42	23.41	23.87	23.85	11.61	11.57	11.90	11.90	8.69	8.70	8.72	8.70
M10	23.45	23.42	23.83	23.79	11.62	11.57	11.92	11.91	8.68	8.68	8.70	8.71
Dim. Promedio				23.58				11.73				8.70
Dim. Nominal				24.00				12.00				8.50
Var. Dimensional %				-1.73				-2.28				2.30

Fuente: Elaboración propia (2021)

Grafico 2 Comparación entre las dimensiones de la muestra patrón y el valor nominal



Fuente: Elaboración propia (2021)

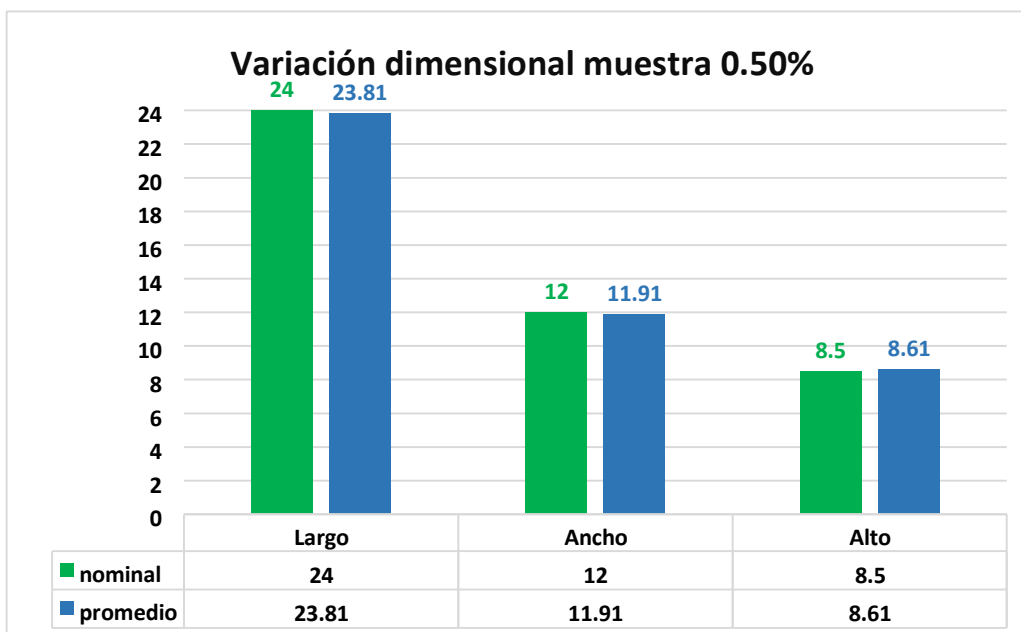
De la tabla 12 y el grafico 2 podemos determinar que las dimensiones del adobe patrón difieren con respecto a las medidas nominales, en el largo del ladrillo observamos que se han reducido en 1.73cm, también en el ancho vemos que se ha reducido 2.28cm y finalmente en el alto del ladrillo vemos que ha aumentado 2.30cm.

Tabla 13 Variación dimensional del adobe con adición de 0.50% de hoja de palmera

Muestra	Largo (cm)				Ancho (cm)				Alto (cm)			
M1	23.70	23.80	24.00	23.90	11.90	11.70	12.00	12.00	8.60	8.70	8.50	8.80
M2	23.70	23.55	24.00	24.10	11.80	11.60	12.00	12.10	8.80	8.50	8.50	8.50
M3	23.65	23.80	23.90	23.90	11.90	11.70	12.00	11.90	8.50	8.50	8.60	8.40
M4	23.45	23.70	23.80	24.00	12.00	11.80	12.00	12.10	8.70	8.55	8.70	8.50
M5	23.60	23.65	23.75	23.75	11.80	11.85	11.95	12.00	8.65	8.60	8.65	8.65
M6	23.75	23.75	23.90	23.85	11.90	11.85	11.85	11.90	8.60	8.65	8.60	8.65
M7	23.80	23.75	23.85	23.80	11.95	11.95	11.90	12.00	8.65	8.65	8.60	8.60
M8	23.90	23.90	23.90	23.90	11.95	11.90	11.90	11.90	8.60	8.65	8.65	8.60
M9	23.95	23.90	23.80	23.85	11.85	11.90	11.80	11.85	8.65	8.60	8.50	8.55
M10	23.85	23.80	23.80	23.85	12.00	11.90	11.90	11.95	8.70	8.70	8.65	8.65
Dim. Promedio				23.81				11.91				8.61
Dim. Nominal				24.00				12.00				8.50
Var. Dimensional %				-0.78				-0.79				1.29

Fuente: Elaboración propia (2021)

Grafico 3 Dimensiones de los adobes con 0.50% de hoja de palmera y el valor nominal



Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 13 y el gráfico 3 observamos que las dimensiones del adobe con adición del 0.50% de hoja de palmera sufrieron una variación con respecto a las medidas nominales, vemos que el largo del ladrillo se vio reducido 0.78cm, a su vez el ancho se redujo 0.79cm y el alto aumentó 1.29cm.

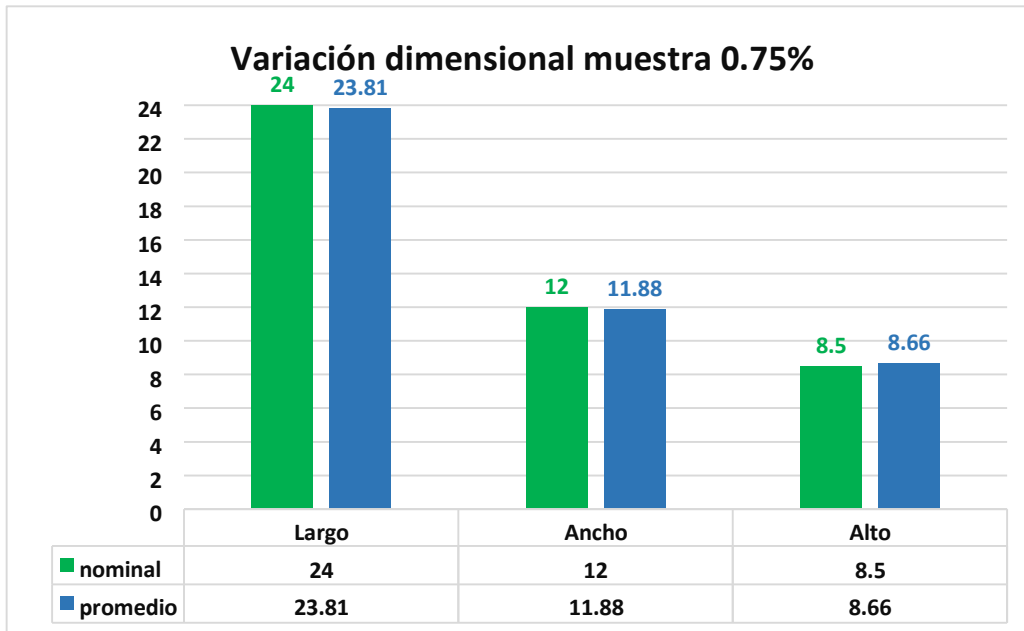
Tabla 14 Variación dimensional del adobe con adición de 0.75% de hoja de palmera

Muestra	Largo (cm)				Ancho (cm)				Alto (cm)			
M1	23.75	23.60	23.90	24.10	11.60	11.70	11.90	12.20	8.60	8.90	8.80	8.50
M2	23.90	23.80	24.10	24.10	11.70	11.80	12.00	12.00	9.00	8.50	8.60	9.00
M3	23.80	23.50	24.00	23.90	11.80	11.70	12.30	12.00	8.80	8.80	8.50	8.50
M4	23.50	23.60	23.90	23.90	11.80	11.90	12.10	11.90	8.50	8.40	8.60	8.80
M5	23.60	23.70	23.85	24.00	11.75	11.70	11.95	11.95	8.60	8.70	8.80	8.75
M6	23.75	23.80	24.00	23.95	11.70	11.65	11.90	11.90	8.55	8.55	8.65	8.65
M7	23.65	23.60	23.85	23.80	11.80	11.80	11.85	11.90	8.70	8.65	8.75	8.70
M8	23.80	23.75	24.00	23.95	11.70	11.75	12.00	11.95	8.60	8.70	8.70	8.70
M9	23.65	23.70	23.75	23.75	11.90	11.95	12.10	12.00	8.55	8.60	8.65	8.60
M10	23.80	23.75	23.80	23.85	11.85	11.80	11.95	11.90	8.65	8.65	8.55	8.65
Dim. Promedio				23.81				11.88				8.66
Dim. Nominal				24.00				12.00				8.50

Var. Dimensional %			-0.79				-1.02				1.90
--------------------	--	--	-------	--	--	--	-------	--	--	--	------

Fuente: Elaboración propia (2021)

Grafico 4 Dimensiones de los adobes con 0.75% de hoja de palmera y el valor nominal



Fuente: Elaboración propia (2021)

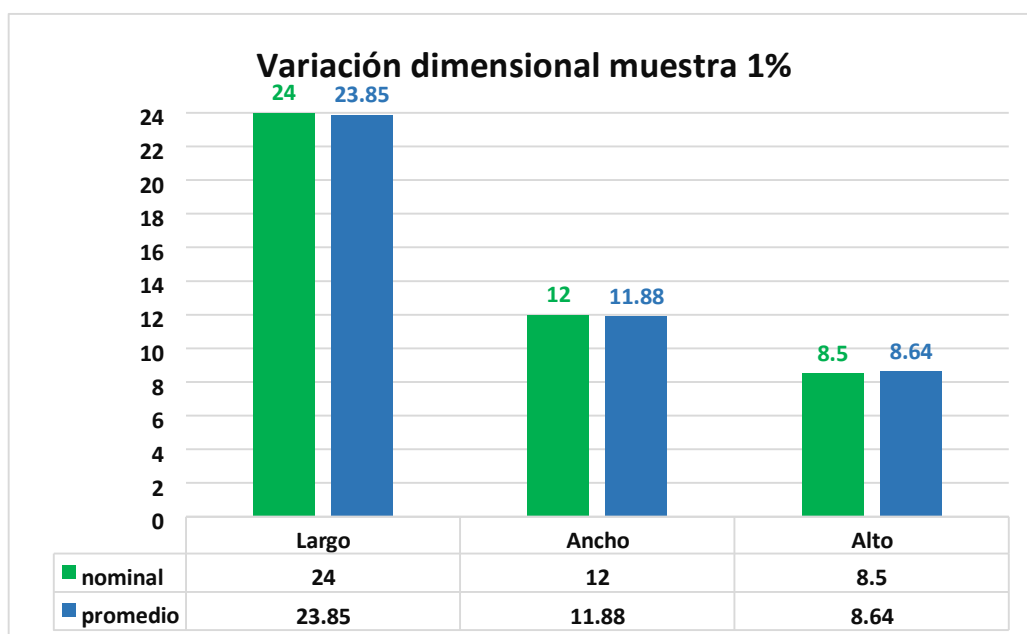
En la tabla 14 y el grafico 4 podemos determinar que las dimensiones del ladrillo con adición de 0.75% de hoja de palmera se vio afectada con respecto a las dimensiones nominales, teniendo como resultado que el largo del adobe se redujo 0.79cm, igualmente el ancho del ladrillo se redujo 1.02cm y finalmente se incrementó 1.90cm.

Tabla 15 Variación dimensional del adobe con adición de 1% de hoja de palmera

Fuente: Elaboración propia (2021)

Muestra	Largo (cm)				Ancho (cm)				Alto (cm)			
M1	23.90	23.60	24.00	24.00	11.60	11.70	12.00	12.10	8.70	8.40	8.50	8.60
M2	23.70	23.70	23.90	23.90	11.80	11.70	12.10	11.90	8.80	8.90	8.70	8.60
M3	23.80	23.70	23.90	24.00	11.90	11.50	12.10	12.10	8.70	8.80	8.80	8.90
M4	23.70	23.60	24.00	24.00	11.80	11.80	12.00	12.00	8.50	8.10	8.60	8.60
M5	23.65	23.70	23.90	23.95	11.95	11.90	11.95	11.90	8.55	8.60	8.65	8.70
M6	23.80	23.85	23.85	23.90	11.85	11.75	11.85	11.90	8.60	8.60	8.55	8.55
M7	23.95	23.90	23.80	23.90	11.80	11.75	11.90	12.00	8.65	8.70	8.65	8.65
M8	23.70	23.70	23.95	23.95	11.65	11.70	12.10	11.95	8.60	8.65	8.65	8.70
M9	23.80	23.90	24.00	23.95	11.70	11.75	12.00	12.00	8.65	8.75	8.60	8.60
M10	23.80	23.85	23.90	23.90	11.80	11.85	12.00	11.95	8.55	8.55	8.70	8.75
Dim. Promedio				23.85				11.88				8.64
Dim. Nominal				24.00				12.00				8.50
Var. Dimensional %				-0.63				-1.03				1.59

Grafico 5 Dimensiones de los adobes con 0.75% de hoja de palmera y el valor nominal



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 15 y el grafico 5 tenemos que las dimensiones de los adobes con adición del 1% de hoja de palmera variaron con respecto a las dimensiones nominales, el

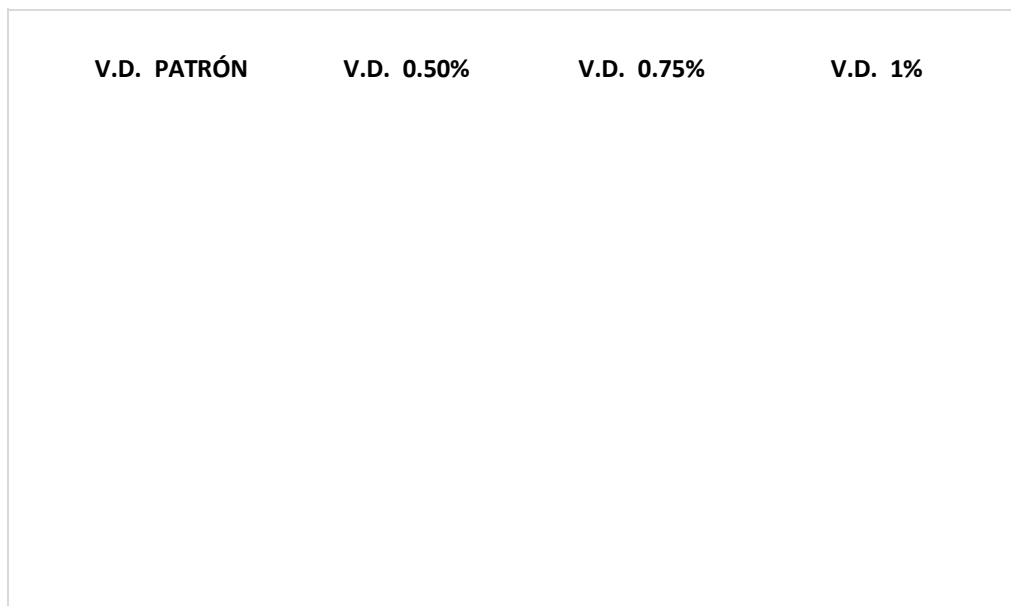
largo del adobe se redujo en 0.63cm, al igual que el ancho del adobe se redujo 1.03cm, finalmente el alto del adobe incremento en 1.59cm.

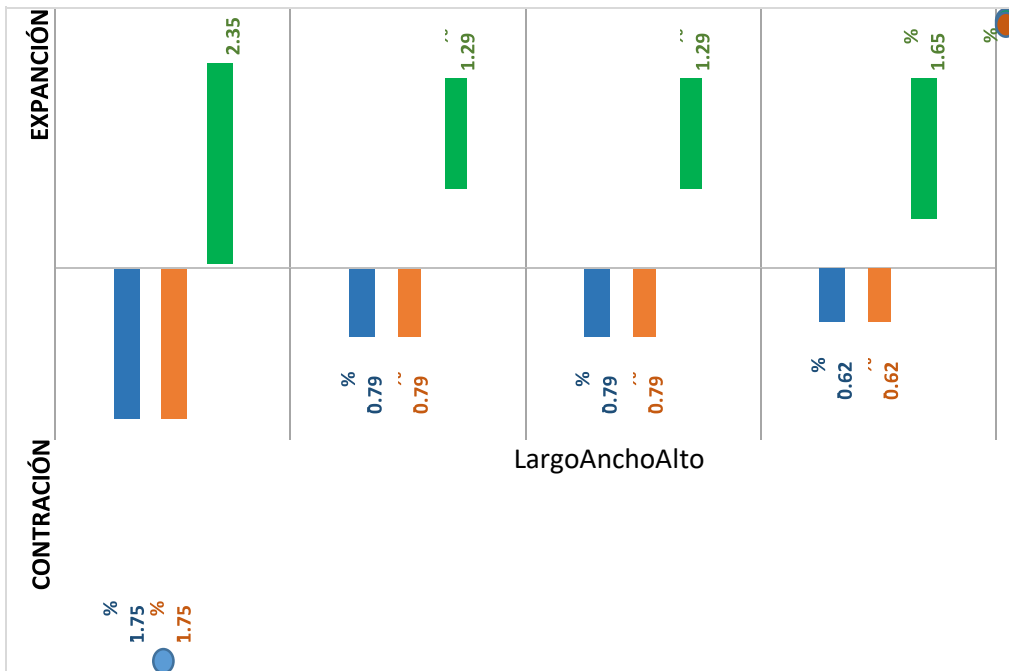
Tabla 16 *Resumen del ensayo de variación dimensional*

Dosificación	Largo(cm)	Ancho(cm)	Alto(cm)
Dim. Nominal	24.00	12.00	8.50
Muestra patrón	23.58	11.73	8.70
0.50% hoja de palmera	23.81	11.91	8.61
0.75% hoja de palmera	23.81	11.88	8.66
1% hoja de palmera	23.85	11.88	8.64
V.D. (%) patrón	-1.75%	-2.25%	2.35%
V.D. (%) 0.50%	-0.75%	-0.75%	1.29%
V.D. (%) 0.75%	-0.79%	-1.00%	1.29%
V.D. (%) 1%	-0.62%	-1.00%	1.65%

Fuente: Elaboración propia (2021)

Grafico 6 *Resumen de las dimensiones del adobe en cada dosificación.*





Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 16 y el gráfico 6 observamos que los adobes con dosificación del 0%, 0.50%, 0.75% y 1% sufrieron deformaciones en sus dimensiones con respecto a los valores nominales, el adobe patrón sufrió las deformaciones más grandes, en el largo -1.75%, ancho -1.75% y alto 2.35%, mientras que el adobe con 1% no sufrió tantas deformaciones en el largo y ancho (-0.62mm) respectivamente, adicionalmente la menor deformación en la altura de los bloques se obtuvo en la dosificación de 0.50% y 0.75% el cual fue 1.29mm.

Ensayo de alabeo

Figura 64 *Medición del alabeo en el adobe.*



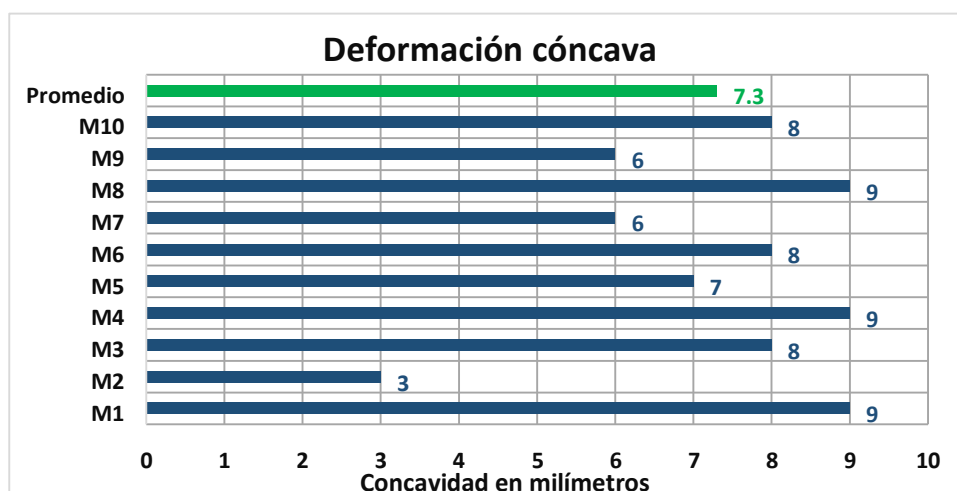
Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 17 Resultados de las medidas del alabeo en el adobe patrón

Muestra	Cara A (mm)		Cara B (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
M1	9.00	---	---	9.00
M2	3.00	---	---	3.00
M3	8.00	---	---	5.00
M4	9.00	---	---	4.00
M5	7.00	---	---	6.00
M6	8.00	---	---	4.00
M7	6.00	---	---	7.00
M8	9.00	---	---	5.00
M9	6.00	---	---	4.00
M10	8.00	---	---	6.00
Promedio	7.30			5.30

Fuente: Elaboración propia (2021)

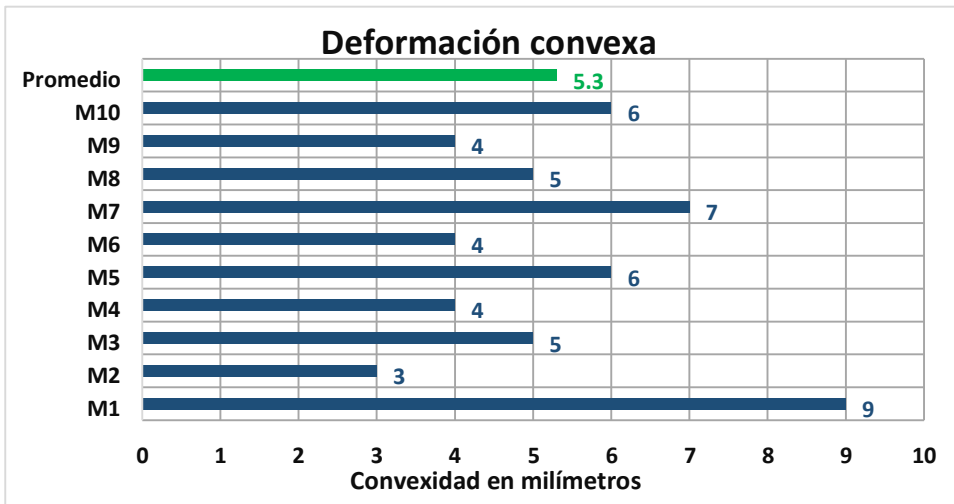
Gráfico 7 Deformación cóncava del adobe patrón.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 17 y el gráfico 7 podemos determinar que existe una deformación cóncava del adobe patrón, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 1, 4, 8 (9mm respectivamente), así mismo observamos que la deformación promedio es de 7.3mm.

Gráfico 8 Deformación convexa del adobe patrón



Fuente: Elaboración propia (2021)

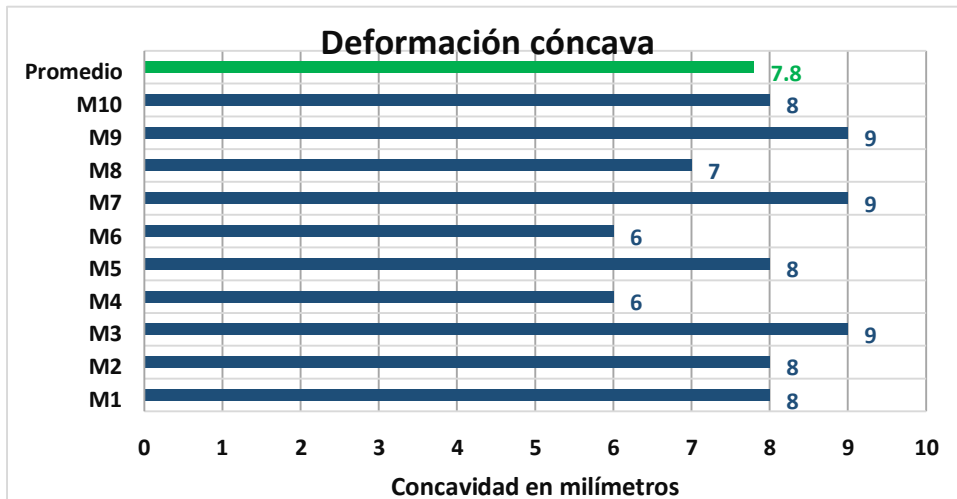
De la tabla 17 y el gráfico 8 podemos determinar que existe una deformación convexa del adobe patrón, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 1 (9mm), así mismo observamos que la deformación promedio es de 5.3mm.

Tabla 18 Alabeo del adobe con adición de 0.50% de hoja de palmera

Muestra	Cara A (mm)		Cara B (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
M1	8.00	---	---	8.00
M2	8.00	---	---	6.00
M3	9.00	---	---	6.00
M4	6.00	---	---	2.00
M5	8.00	---	---	4.00
M6	6.00	---	---	7.00
M7	9.00	---	---	3.00
M8	7.00	---	---	8.00
M9	9.00	---	---	7.00
M10	8.00	---	---	4.00
Promedio	7.80			5.5

Fuente: Elaboración propia (2021)

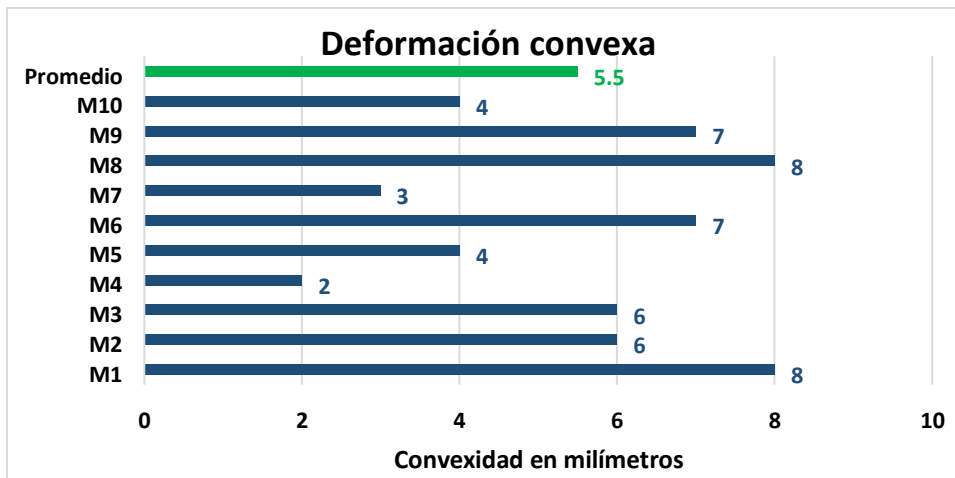
Gráfico 9 Deformación cóncava del adobe con 0.50% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 18 y el grafico 9 podemos determinar que existe una deformación cóncava del adobe con 0.50% de hoja de palmera, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 1, 7, 9, el cual es de 9mm respectivamente, así mismo observamos que la deformación promedio es de 7.8mm.

Grafico 10 Deformación convexa del adobe con 0.50% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 18 y el grafico 10 podemos determinar que existe una deformación convexa del adobe con 0.50% de hoja de palmera, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 1, 8, el cual es de 8mm respectivamente, así mismo observamos que la deformación promedio es de 5.5mm.

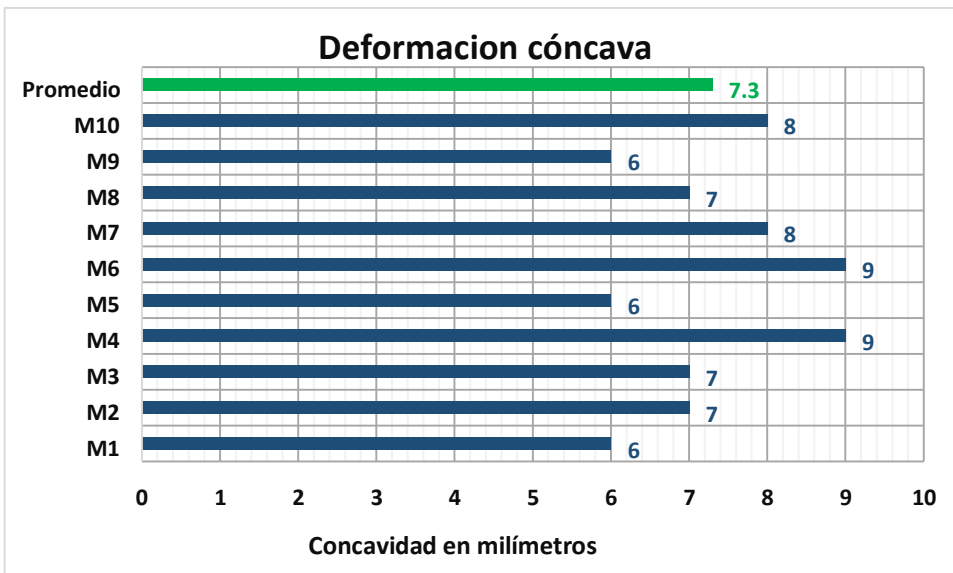
Tabla 19 Alabeo del adobe con adición de 0.75% de hoja de palmera

	Cara A (mm)	Cara B (mm)
--	-------------	-------------

Muestra	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
M1	6.00	---	---	3.00
M2	7.00	---	---	4.00
M3	7.00	---	---	6.00
M4	9.00	---	---	7.00
M5	6.00	---	---	5.00
M6	9.00	---	---	3.00
M7	8.00	---	---	8.00
M8	7.00	---	---	6.00
M9	6.00	---	---	4.00
M10	8.00	---	---	4.00
Promedio	7.30			5.00

Fuente: Elaboración propia (2021)

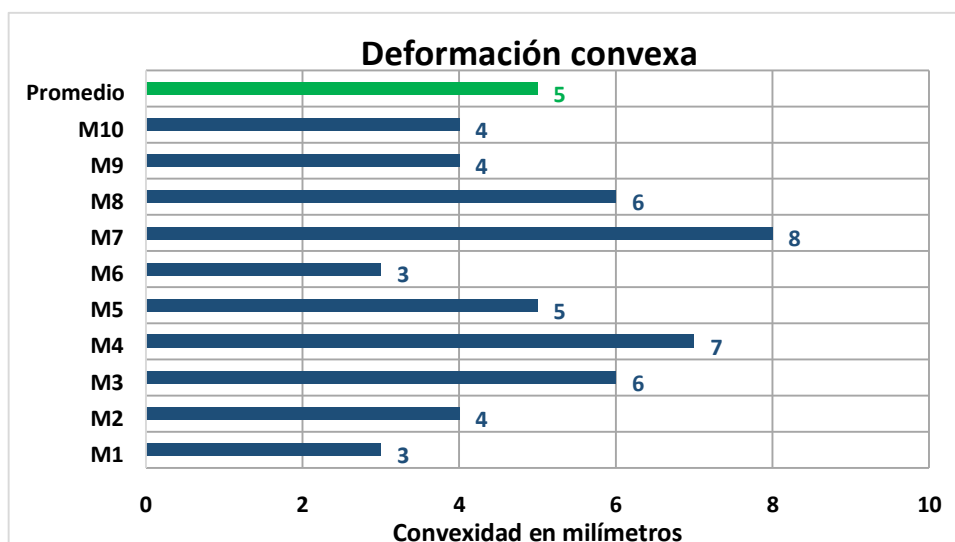
Grafico 11 Deformación cóncava del adobe con 0.75% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 19 y el grafico 11 podemos determinar que existe una deformación cóncava del adobe con 0.75% de hoja de palmera, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 4 y 6, el cual es de 9mm respectivamente, así mismo observamos que la deformación promedio es de 7.3mm.

Gráfico 12 Deformación convexa del adobe con 0.75% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 19 y el gráfico 12 podemos determinar que existe una deformación convexa del adobe con 0.75% de hoja de palmera, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 7 el cual es de 8mm, así mismo observamos que la deformación promedio es de 5mm.

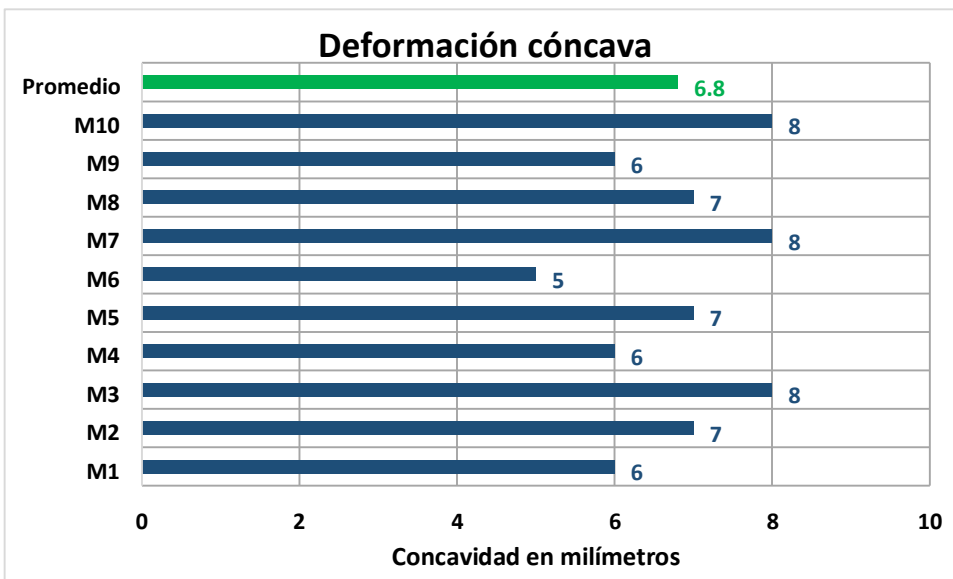
Tabla 20 Alabeo del adobe con adición de 1% de hoja de palmera.

Muestra	Cara A (mm)		Cara B (mm)	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
M1	6.00	---	---	2.00
M2	7.00	---	---	2.00
M3	8.00	---	---	3.00
M4	6.00	---	---	8.00
M5	7.00	---	---	3.00

M6	5.00	---	---	4.00
M7	8.00	---	---	6.00
M8	7.00	---	---	2.00
M9	6.00	---	---	5.00
M10	8.00	---	---	3.00
Promedio	6.80			3.80

Fuente: Elaboración propia (2021)

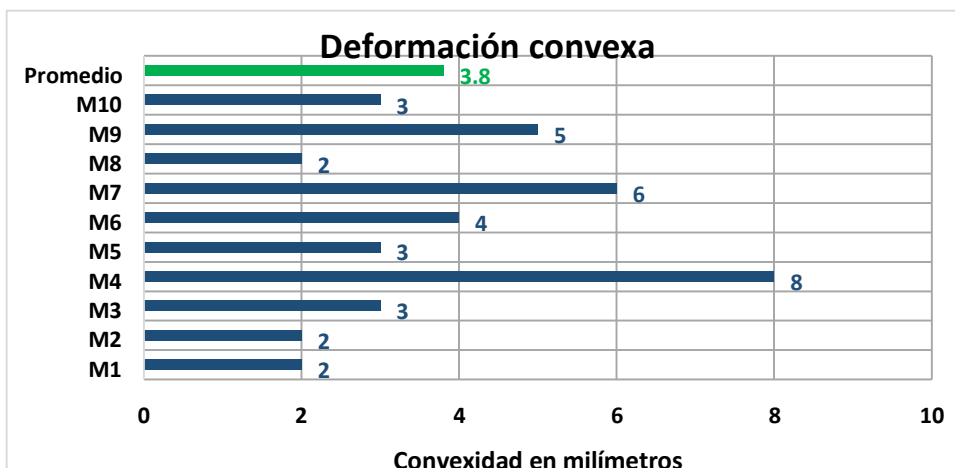
Grafico 13 Deformación cóncava del adobe con 1% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 20 y el grafico 13 podemos determinar que existe una deformación cóncava del adobe con 1% de hoja de palmera, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 3, 7, 10 el cual es de 8mm, así mismo observamos que la deformación promedio es de 6.8mm.

Grafico 14 Deformación convexa del adobe con 1% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

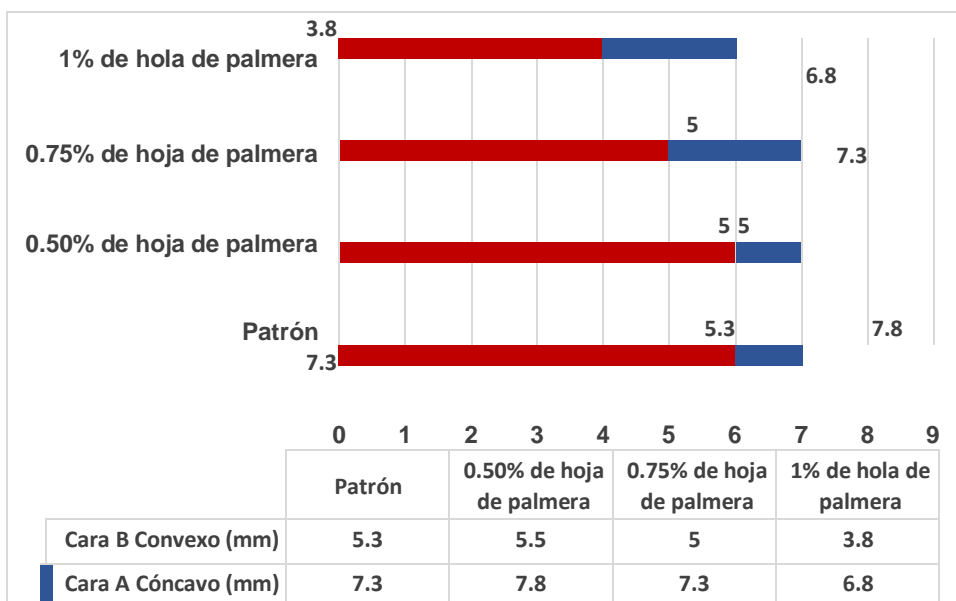
De la tabla 20 y el gráfico 14 determinamos que existe una deformación convexa del adobe con 1% de hoja de palmera, cuya máxima deformación ocurre en la muestra 4 el cual es de 8mm, así mismo observamos que la deformación promedio es de 3.8mm.

Tabla 21 Resumen de las mediciones convexas y cóncavas

Muestra	Cara A	Cara B
	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)
Patrón	7.30	5.30
0.50% de hoja de palmera	7.80	5.50
0.75% de hoja de palmera	7.30	5.00
1% de hola de palmera	6.80	3.80

Fuente: Elaboración propia (2021)

Gráfico 15 Resumen de las mediciones cóncavas y convexas



Fuente: elaboración propia (2021)

Tanto en la tabla 21 y en el gráfico 15 podemos observar que en todos los adobes existió deformación cóncava y convexa pero en diferente proporción, además se tiene que el adobe que fue adicionado con 1% de hoja de palmera presentó menor deformación cóncava (6.8mm) y menor deformación convexa (3.8mm) con respecto a sus similares en cada dosificación.

Ensayo de absorción

Figura 65 Inmersión de las muestras para realizar el ensayo de absorción.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 22 Ensayo de absorción del adobe patrón

Muestra	Peso seco (gr.)	Tiempo (min.)	Peso saturado (gr.)
---------	-----------------	---------------	---------------------

M1	4180.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M2	4220.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M3	4170.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M4	4120.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M5	4150.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 22 podemos determinar que los adobes fueron sumergidos durante 24 h, sin embargo a los 30min de inmersión los especímenes se desmoronaron, debido a ello no se pudo registrar el porcentaje de absorción de agua.

Tabla 23 *Ensayo de absorción del adobe con adición de 0.50% de hoja de palmera*

Muestra	Peso seco (gr.)	Tiempo (min.)	Peso saturado (gr.)
M1	4040.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M2	4110.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M3	4170.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M4	4090.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M5	4100.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 23 tenemos que las muestras al igual que en el adobe patrón fueron sumergidos por el espacio de 24h, sin embargo a los 30min los especímenes se deshicieron haciendo imposible la medición del porcentaje de absorción.

Tabla 24 *Ensayo de absorción del adobe con adición de 0.75% de hoja de palmera*

Muestra	Peso seco (gr.)	Tiempo (min.)	Peso saturado (gr.)
M1	4090.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M2	4160.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M3	4110.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M4	4020.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo

M5	4050.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
----	---------	----	---

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 24 observamos los mismos resultados que en el adobe patrón y que el adobe con 0.50% de adición de hoja de palmera, los especímenes sumergidos se deshicieron al transcurrir 30min, debido a ello no se registró el porcentaje de absorción.

Tabla 25 *Ensayo de absorción del adobe con adición de 1% de hoja de palmera*

Muestra	Peso seco (gr.)	Tiempo (min.)	Peso saturado (gr.)
M1	4080.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M2	3980.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M3	3960.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M4	3970.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo
M5	3910.00	30	No se puede pesar el bloque debido que se deshizo

Fuente: Elaboración propia (2021)

En la tabla 25 tenemos que el resultado de la inmersión del adobe fue inicialmente de 24 horas pero al transcurrir 30min se observó que se deshizo al igual que el adobe patrón, el adobe con 0.50% y 0.75% de hoja de palmera, por lo tanto no se registró el porcentaje de absorción del adobe.

Tabla 26 *Resumen del ensayo de absorción para cada dosificación.*

Muestra	Peso seco (gr)	Tiempo (min.)	Peso Saturado
Patrón	4168.00	30	No se pudo registrar
0.50% de hoja de palmera	4102.00	30	No se pudo registrar
0.75% de hoja de palmera	4086.00	30	No se pudo registrar
1% de hoja de palmera	3980.00	30	No se pudo registrar

Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 26 concluimos que el porcentaje de absorción fue nulo en cada una de las dosificaciones debido a que no se pudo registrar el valor ya que se deshicieron al

transcurrir 30min, tiempo muy inferior al establecido por la NTP E080, el cual nos indica que el tiempo estimado es de 24 horas. **Ensayos mecánicos para el adobe**

Ensayo de resistencia a la compresión

Figura 66

Rotura del cubo de adobe debido al ensayo de la resistencia a la compresión.



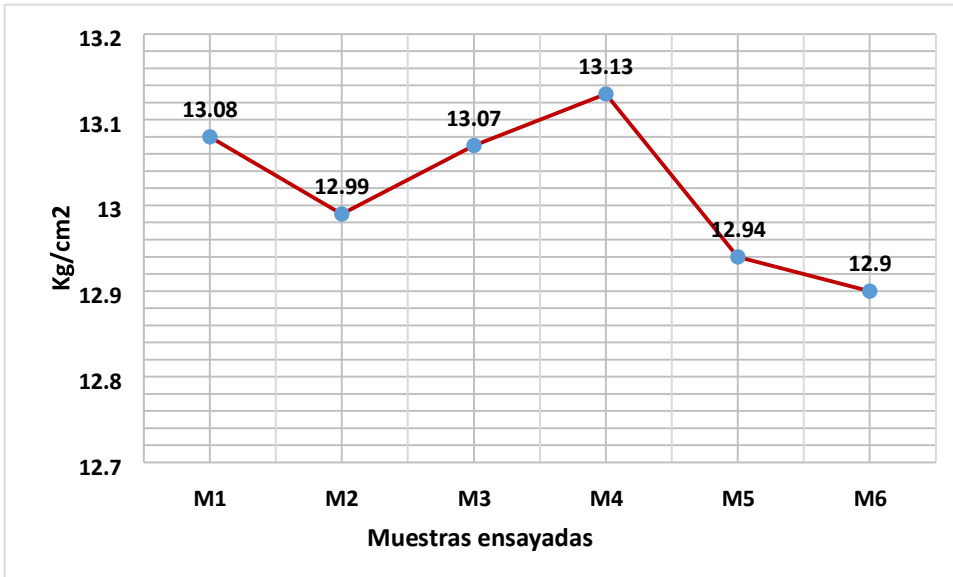
Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 27 *Compresión de la muestra patrón en la prensa hidráulica*

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso (kg)	Lectura dial (KN)	Diseño (Kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
M1	9.98	9.99	9.98	99.70	2.09	12.79	12	13.08
M2	9.99	9.99	9.98	99.80	2.10	12.71	12	12.99
M3	9.97	9.98	9.98	99.50	2.07	12.75	12	13.07
M4	9.99	9.96	9.97	99.50	2.08	12.81	12	13.13
M5	9.98	9.98	9.96	99.60	2.05	12.86	12	12.94
M6	9.97	9.96	9.95	99.30	2.11	12.78	12	12.90
Promedio								13.07

Fuente: elaboración propia (2021)

Grafico 16 *Resumen de la resistencia a la compresión de la muestra patrón.*



Fuente: Elaboración propia (2021)

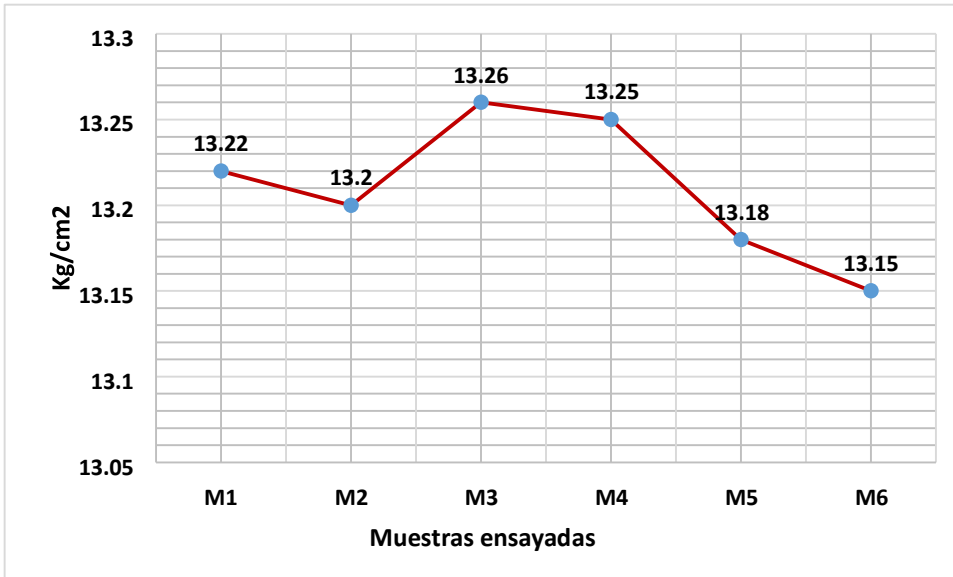
De la tabla 27 y el gráfico 16 podemos observar que las muestras patrón ensayadas superan la resistencia mínima descrita en la NTP E080 la cual es de 10.2 kg/cm², ya sea de manera individual o en promedio, así mismo se observa que la mayor resistencia obtenida proviene de la muestra M4 (13.13 kg/cm²), en ese sentido se tomó las cuatro mejores muestras (M1, M2, M3, M4) para el promedio, es cual es 13.07kg/cm².

Tabla 28 Compresión de la muestra con hoja de palmera al 0.50 % en la prensa hidráulica

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso (kg)	Lectura dial (KN)	Diseño (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
M1	9.98	9.98	9.99	99.60	12.12	12.91	12	13.22
M2	9.99	9.99	9.98	99.80	12.09	12.92	12	13.20
M3	9.97	9.98	9.98	99.50	12.08	12.94	12	13.26
M4	9.96	9.99	9.98	99.50	12.11	12.93	12	13.25
M5	9.98	9.97	9.98	99.50	12.10	12.89	12	13.18
M6	9.99	9.97	9.99	99.60	12.08	12.91	12	13.15
Promedio								13.23

Fuente: elaboración propia (2021)

Gráfico 17 Resistencia a la compresión de los adobes con 0.50% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

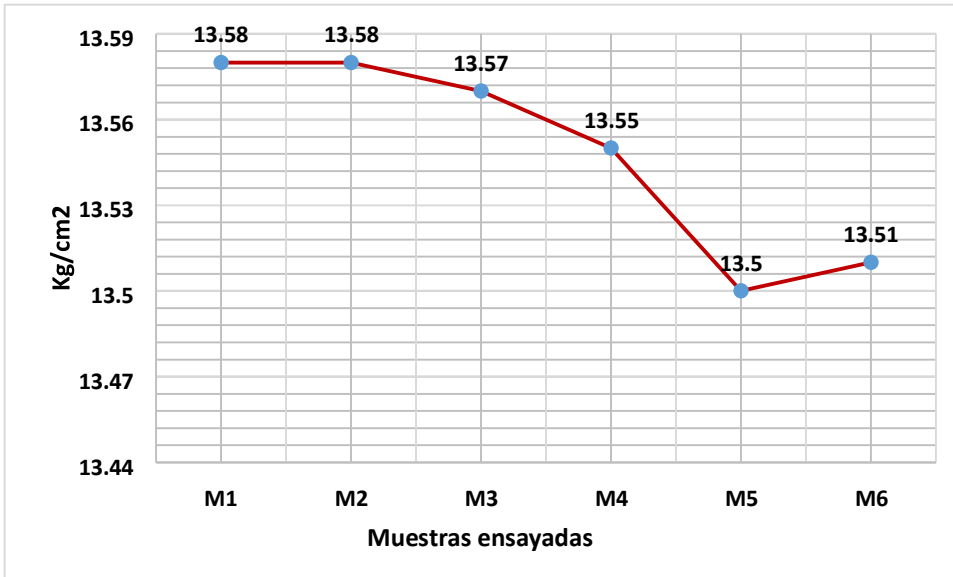
De la tabla 28 y el gráfico 17 podemos observar que los adobes ensayados con adición de 0.50% de hoja de palmera, en promedio (13.23 kg/cm²) superan ligeramente a la muestra patrón cuyo promedio es 13.07 kg/cm², de igual manera se evidencia que tanto el promedio del adobe con 0.50% de palmera como los resultados individuales superan el valor mínimo descrito en la NTP E 080 el cual es de 10.2kg/cm². Cabe resaltar que se tomaron los 4 mejores resultados para el elaborar el promedio.

Tabla 29 Compresión de la muestra con hoja de palmera al 0.75 % en la prensa hidráulica

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso (kg)	Lectura dial (KN)	Diseño (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
M1	9.98	9.97	9.98	99.50	12.09	13.24	12	13.58
M2	9.98	9.99	9.98	99.70	12.11	13.25	12	13.58
M3	9.99	9.99	9.98	99.80	12.10	13.27	12	13.57
M4	9.99	9.99	9.98	99.80	12.12	13.26	12	13.55
M5	9.97	9.99	9.98	99.60	12.08	13.22	12	13.50
M6	9.99	9.97	9.98	99.60	12.10	13.23	12	13.51
Promedio								13.57

Fuente: elaboración propia (2021)

Gráfico 18 Resistencia a la compresión de los adobes con 0.75% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

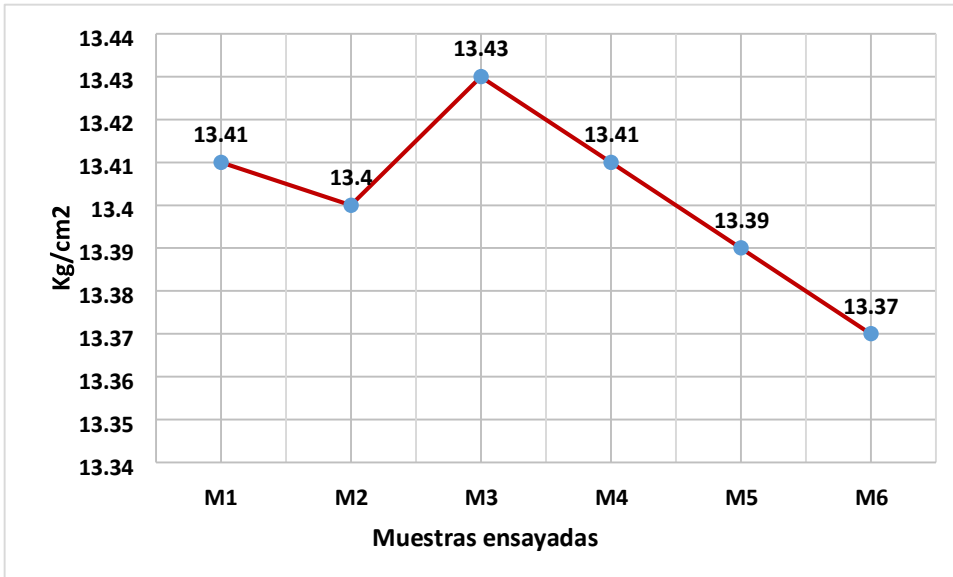
De la tabla 29 y el gráfico 18 observamos que el promedio de los 4 mejores resultados de los adobes ensayados con adición de 0.75% de hoja de palmera es de 13.57 kg/cm² el cual supera ligeramente al promedio obtenido de los bloques con adición del 0.50% de hoja de palmera, así como también supera el valor promedio del adobe patrón que es de 13.23 kg/cm², finalmente los valores obtenidos de cada muestra ensayada superan el mínimo valor descrito en la norma E 080 que es de 10.2kg/cm².

Tabla 30 *Compresión de la muestra con hoja de palmera al 1 % en la prensa hidráulica*

Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Peso (kg)	Lectura dial (KN)	Diseño (kg/cm ²)	F'c (kg/cm ²)
M1	9.97	9.98	9.98	99.50	12.13	13.09	12	13.41
M2	9.99	9.99	9.98	99.80	12.10	13.11	12	13.40
M3	9.96	9.97	9.98	99.30	12.12	13.08	12	13.43
M4	9.97	9.98	9.99	99.50	12.11	13.09	12	13.41
M5	9.98	9.98	9.99	99.60	12.11	13.07	12	13.39
M6	9.99	9.97	9.98	99.60	12.10	13.08	12	13.37
Promedio								13.41

Fuente: elaboración propia (2021)

Gráfico 19 *Resistencia a la compresión de los adobes con 1% de hoja de palmera.*



Fuente: Elaboración propia (2021)

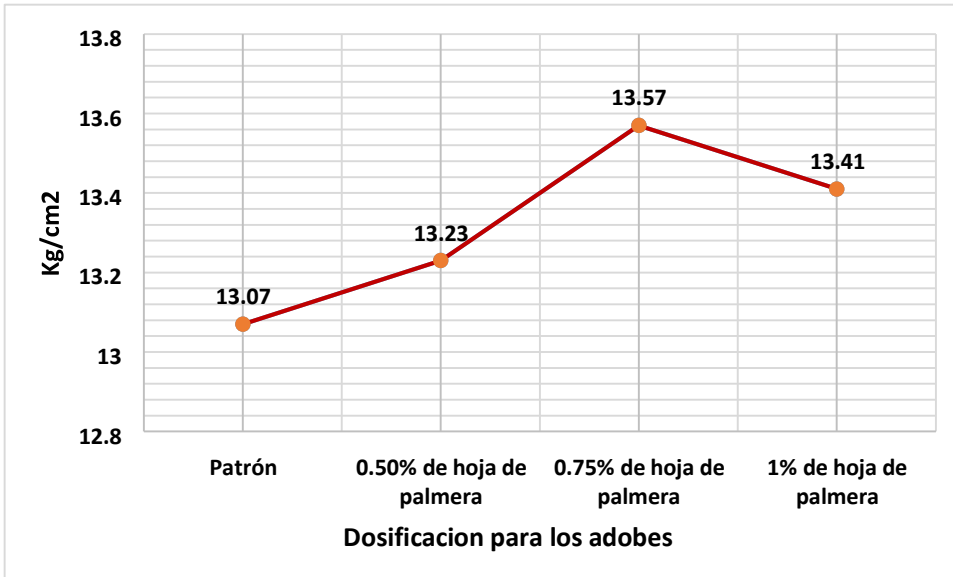
De la tabla 30 y el gráfico 19 observamos que el promedio obtenido de las 4 mejores muestras es de 13.41kg/cm², el cual es menor al promedio de la muestra al 0.75% el cual es 13.57 kg/cm², además el promedio de esta dosificación es superior al diseño con 0.50% de adición de hoja de palmera y a la muestra patrón, finalmente observamos que los valores individuales y el promedio alcanzado es mayor al valor mínimo requerido en la NTP E080 el cual es 10.2 kg/cm².

Tabla 31 Resumen de los promedios obtenidos en el ensayo de resistencia a la compresión.

Tipo de Muestra	Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)	Dial (KN)	F'c (kg/cm ²)
Patrón	9.98	9.98	9.98	99.63	12.77	13.07
0.50% de hoja de palmera	9.98	9.99	9.98	99.60	12.93	13.23
0.75% de hoja de palmera	9.99	9.99	9.98	99.70	13.26	13.57
1% de hoja de palmera	9.97	9.98	9.98	99.53	13.09	13.41

Fuente: Elaboración propia (2021)

Gráfico 20 Gráfico de la resistencia a la compresión para cada dosificación.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 31 y el gráfico 20 observamos un aumento de la resistencia a la compresión con respecto al valor inicial dado por la muestra patrón (13.07 kg/cm²), éste valor aumenta a medida que se adiciona la hoja de palmera, como esta evidenciado en el gráfico, el incremento sucede al adicionar 0.50% y 0.75% de hoja de palmera, pero al adicionar el 1% de hoja de palmera la resistencia a la compresión empieza a decaer hasta alcanza el valor de 13.41 kg/cm², sin embargo éste valor aún sigue siendo superior al mínimo descrito en la NTP E080 el cual es de 10.2 kg/cm².

Ensayo de resistencia a la flexión

Figura 67

Falla producida al someter el bloque al ensayo de resistencia a la flexión.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Tabla 32

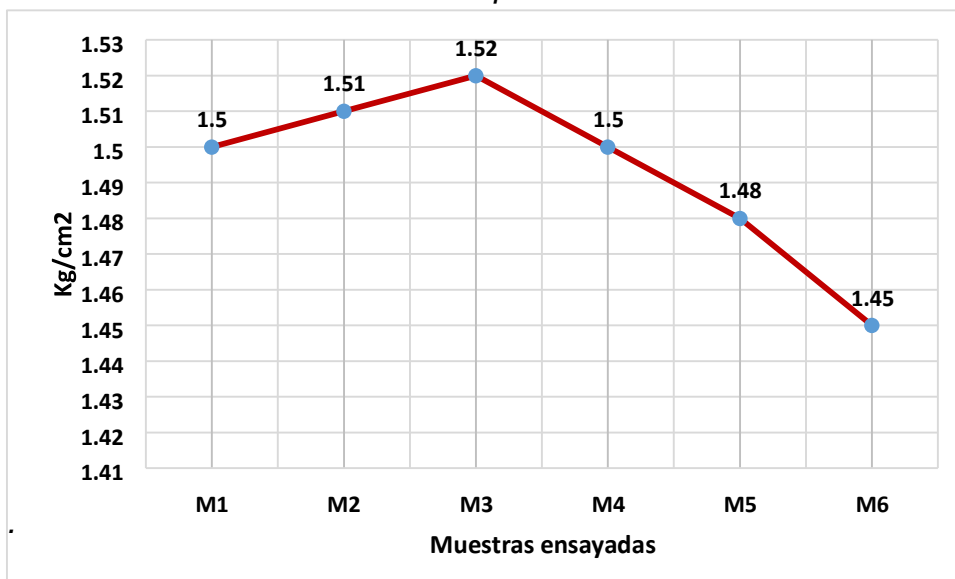
Resistencia a la flexión de la muestra patrón.

Muestra	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm ²)	Peso (kg)	Dial (KN)	M'r (kg/cm ²)
M1	11.97	9.00	19.50	4.120	0.731	1.50
M2	12.00	8.99	19.50	4.150	0.738	1.51
M3	11.98	8.99	19.50	4.140	0.738	1.52
M4	11.99	9.00	19.50	4.160	0.731	1.50
M5	11.94	8.95	19.50	4.130	0.730	1.48
M6	11.96	8.97	19.50	4.200	0.728	1.45
Promedio						1.51

Fuente: elaboración propia (2021)

Grafico 21

Resistencia a la flexión del adobe patrón



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 32 y el grafico 21 observamos que el promedio obtenido de las 4 mejores muestras es de 1.51 kg/cm², así mismo se tiene que el valor máximo obtenido proviene de la muestra M3 el cual es 1.52 kg/cm², además se observa que los valores individuales así como del promedio superan al valor mínimo descrito en la NTP E080 el cual es 0.81 kg/cm².

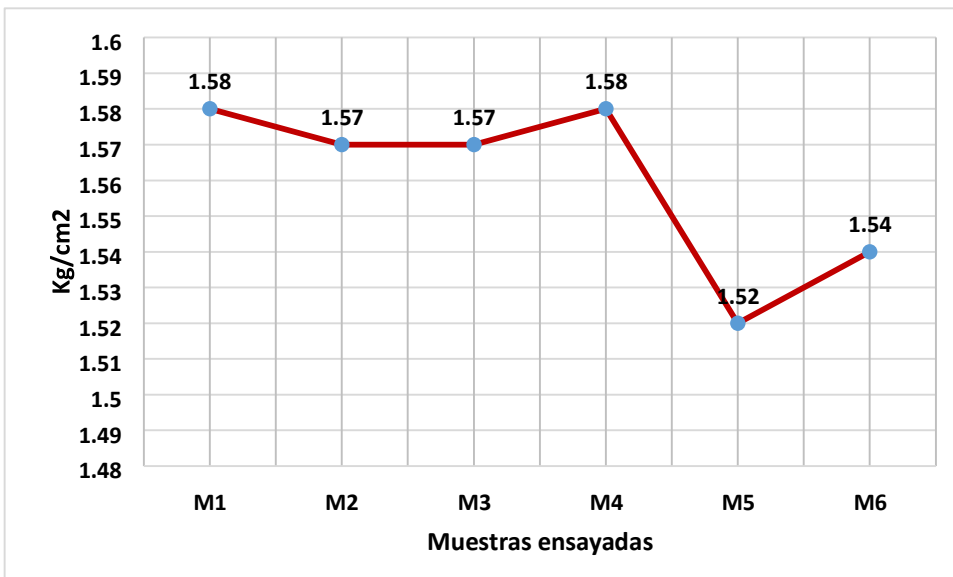
Tabla 33

Resistencia a la flexión de la muestra con hoja de palmera al 0.50 %

Muestra	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm ²)	Peso (kg)	Dial (KN)	M'r (kg/cm ²)
M1	12.00	9.00	19.50	4.190	0.774	1.58
M2	11.98	8.97	19.50	4.150	0.761	1.57
M3	11.98	8.98	19.50	4.160	0.762	1.57
M4	12.00	9.00	19.50	4.200	0.774	1.58
M5	11.96	8.93	19.50	4.070	0.753	1.52
M6	11.97	8.95	19.50	4.090	0.755	1.54
Promedio						1.58

Fuente: elaboración propia (2021)

Grafico 22 Resistencia a la flexión del adobe con 0.50% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 33 y el grafico 22 tenemos que el promedio de las 4 mejores muestras ensayadas es de 1.58 kg/cm², éste resultado es superior a la muestra patrón el cual es 1.51 kg/cm², también los valores individuales de las muestras así como del promedio obtenido superan la resistencia mínima indicada en la ntp E080 que es 0.81 kg/cm².

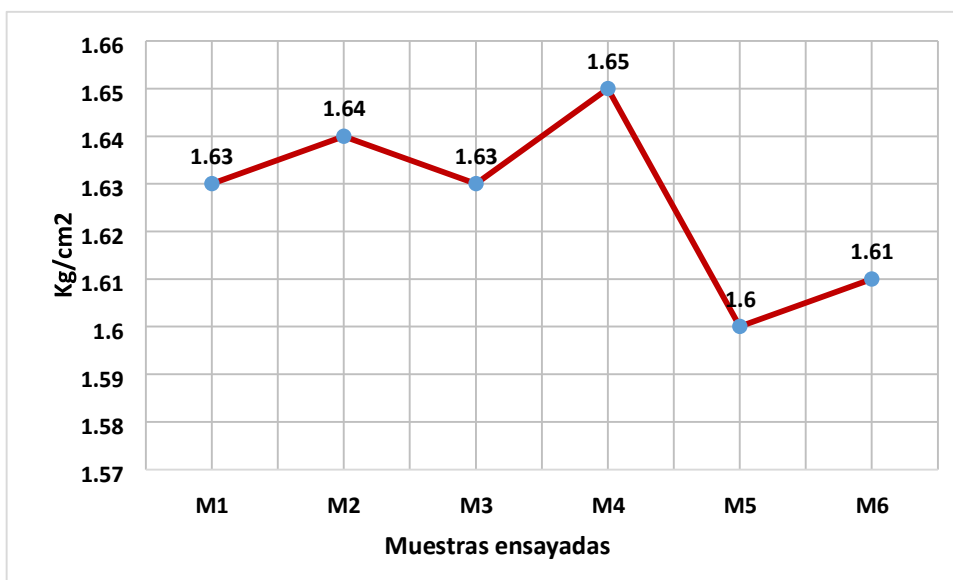
Tabla 34

Resistencia a la flexión de la muestra con hoja de palmera al 0.75 %.

Muestra	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm ²)	Peso (kg)	Dial (KN)	M'r (kg/cm ²)
M1	11.98	9.00	19.50	4.010	80.96	1.63
M2	11.99	8.98	19.50	4.090	81.47	1.64
M3	12.00	8.97	19.50	4.050	80.66	1.63
M4	11.98	9.00	19.50	4.120	82.09	1.65
M5	11.95	8.94	19.50	3.990	80.42	1.60
M6	11.97	8.96	19.50	4.010	80.49	1.61
Promedio						1.64

Fuente: elaboración propia (2021)

Grafico 23 Resistencia a la flexión del adobe con 0.75% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De la tabla 34 y el grafico 23 podemos determinar que el promedio de los 4 mejores especímenes ensayados dan como resultado 1.64 kg/cm², éste resultado es superior a la muestra patrón el cual es 1.51 kg/cm², también a la muestra con 0.50% de hoja de palmera el cual es 1.58 kg/cm², así mismo los valores individuales de las muestras así como el promedio superan al valor mínimo establecido descrito en la ntp E-080 que es 0.81 kg/cm².

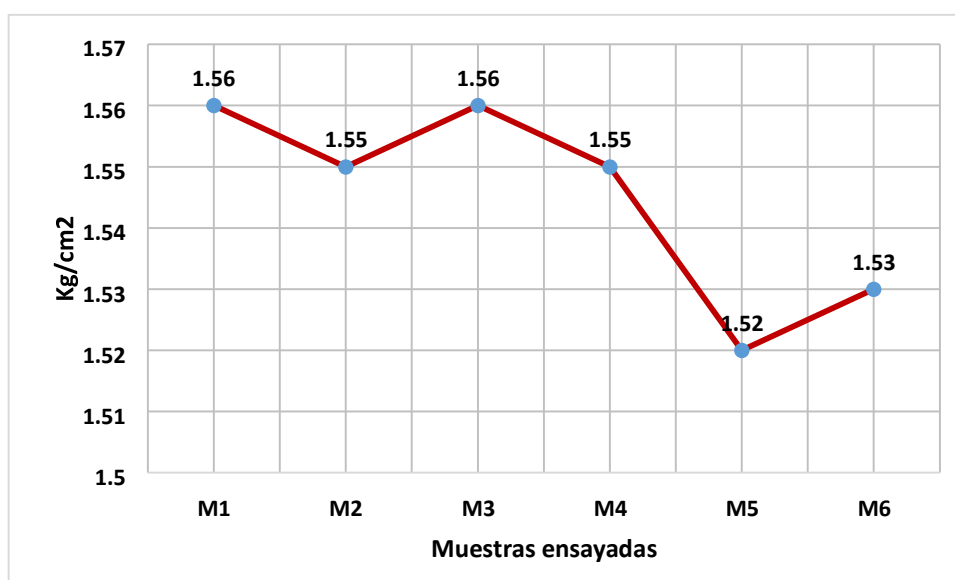
Tabla 35

Resistencia a la flexión de la muestra con hoja de palmera al 1 %.

Muestra	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm ²)	Peso (kg)	Dial (KN)	M'r (kg/cm ²)
M1	12.00	9.00	19.50	3.990	0.762	1.56
M2	12.00	8.97	19.50	3.960	0.751	1.55
M3	11.97	8.99	19.50	4.020	0.759	1.56
M4	11.98	9.00	19.50	3.990	0.755	1.55
M5	11.97	8.97	19.50	3.950	0.753	1.52
M6	11.98	8.96	19.50	3.940	0.752	1.53
Promedio						1.56

Fuente: Elaboración propia (2021)

Grafico 24 Resistencia a la flexión del adobe con 1% de hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

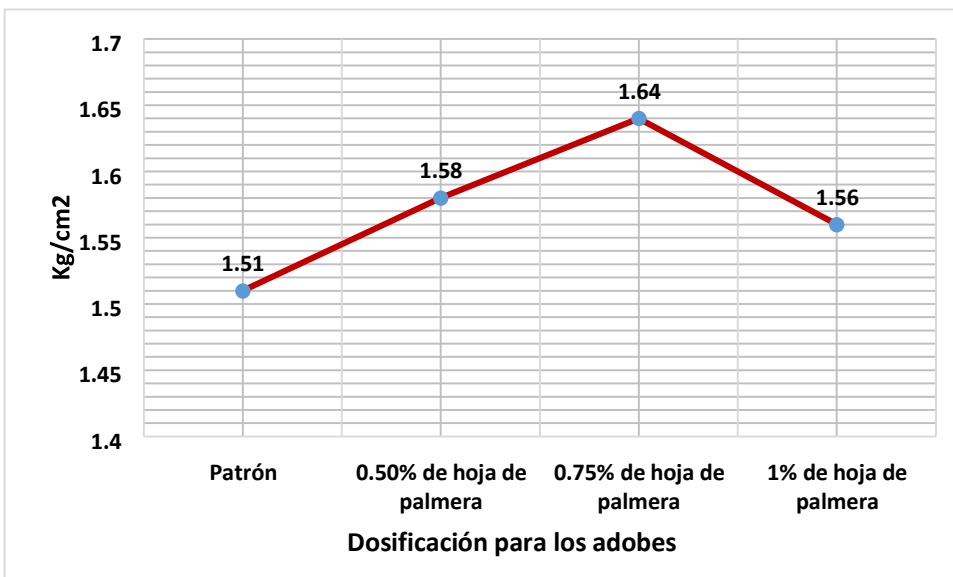
De la tabla 35 y el gráfico 24 podemos observar que el resultado promedio de las 4 mejores muestras ensayadas es de 1.56 kg/cm², éste resultado supera al obtenido de la muestra patrón (1.51 kg/cm²), también a la muestra con 0.50% de hoja de palmera (1.58 kg/cm²), al igual que para la resistencia mínima propuesta en la ntp E080 (0.81 kg/cm²), sin embargo es menor a la muestra que contiene 0.75% de hoja de palmera.

Tabla 36 Resumen de los promedios obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión.

Tipo de Muestra	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre (cm ²)	M'r (kg/cm ²)
Patrón	11.99	9.00	19.50	1.51
0.50% de hoja de palmera	11.99	8.99	19.50	1.58
0.75% de hoja de palmera	11.99	8.99	19.50	1.64
1% de hoja de palmera	11.99	8.99	19.50	1.56

Fuente: Elaboración propia (2021)

Gráfico 25 Resumen de la resistencia a la flexión en cada dosificación.



Fuente: Elaboración propia

Tanto en la tabla 36 y en el gráfico 25 se presentan los promedios obtenidos en cada dosificación, en ella se evidencia el aumento de la resistencia a la flexión de los bloques de adobe, comenzando en el adobe patrón y continúa en la dosificación de 0.50% de hoja de palmera, así como en el bloque de adobe con adición del 0.75% de hoja de palmera, sin embargo esta resistencia disminuye al adicionar 1% de hoja de palmera teniendo como valor final 1.56kg/cm², no obstante éste valor sigue siendo superior al mínimo requerido en la ntp E080 (0.81 kg/cm²).

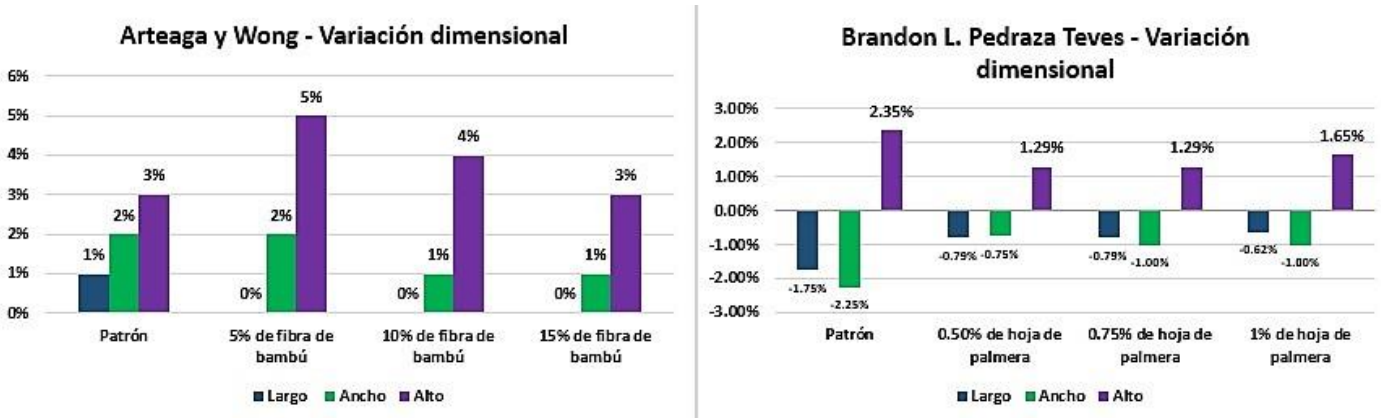
V. DISCUSIÓN

Objetivo general: Determinar cómo influye la adición de la hoja de palmera en las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021.

Arteaga y Wong (2020): En su trabajo de investigación se determinó la influencia de la fibra de bambú en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, para ello se adiciono la fibra de bambú en porcentajes de 0%, 5%, 10% y 15% a la mezcla del barro para la elaboración de los adobes, en ese sentido en el ensayo de compresión se obtuvo resultados favorables para las dosificaciones de 0%, 5%, 10%, sin embargo al llegar al 15% el valor disminuyó por debajo del resultado del adobe al 10% de fibra de bambú, en el ensayo de la variación dimensional los bloques incrementaron sus dimensiones, sin embargo el aumento fue aún más para el alto de los bloques, en el ensayo de absorción no se logró registrar los valores debido a que se desmenuzaron, sin embargo a medida que la dosificación aumentó en las muestras éstas resistieron más tiempo en el agua antes de desmenuzarse.

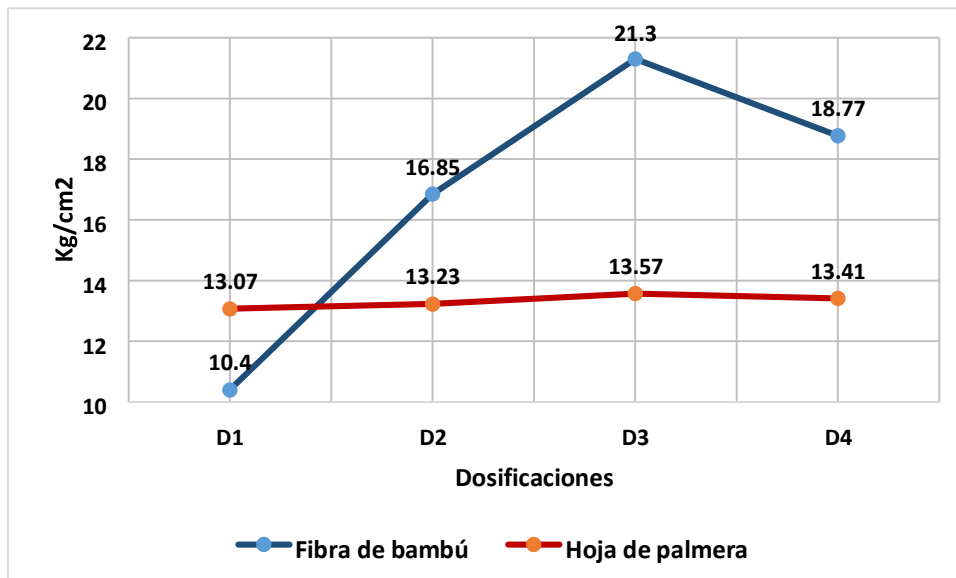
En la presente investigación se determinó la influencia de la hoja de palmera en las propiedades físicas y mecánicas del adobe, en ese sentido se preparó cuatro diferentes dosificaciones: 0%, 0.50%, 0.75% y 1%, teniendo así resultados positivos, en el ensayo de compresión se logró un aumento de la resistencia para las dosificaciones de 0.50% y 0.75%, sin embargo al llegar al 1% la resistencia a la compresión disminuyó posicionándose debajo del resultado obtenido en la dosificación de 0.75%, en el ensayo de variación dimensional se obtuvo una reducción de las dimensiones tanto en el largo como en el ancho, pero en el alto hubo un incremento, en el ensayo de absorción no se registró valores debido a que se desmenuzo.

Figura 68 Comparación de los resultados obtenidos en el ensayo de variación dimensional.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Grafico 26 Resistencia a la compresión de los adobes entre la fibra de bambú y hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

De acuerdo con lo expuesto y observando la figura 68 y el grafico 26, podemos determinar que en ambas tesis los resultados obtenidos son favorables a pesar de la diferencia en la dosificación entre las tesis, ya que en el ensayo de compresión del adobe, en el ensayo de absorción y de variación dimensional existe una mejora en las propiedades físicas y mecánicas, sin embargo los valores obtenidos al ensayar con la máxima dosificación propuesta disminuyen, en el caso de Arteaga y Wong la dosificación máxima propuesta fue de 15% y en la presente investigación fue de 1% ,

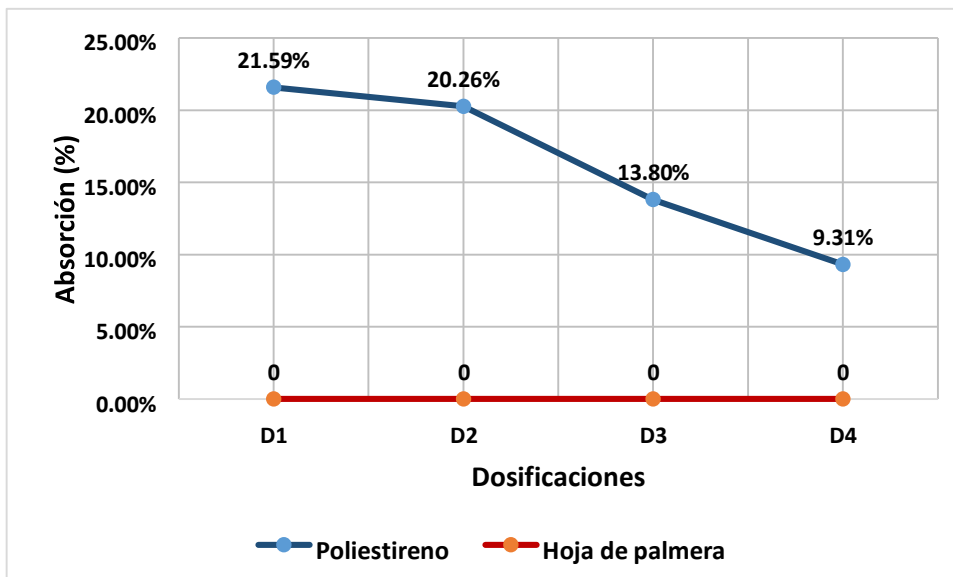
por tanto concluimos en base a los resultados que ambas investigaciones tienen una similitud.

Objetivo específico 1: Determinar cómo adición de la hoja de palmera influye en las propiedades físicas del adobe

Paucar Sevillano (2018): en su investigación adiciono poliestireno en dosificaciones de 0%, 1%, 2% y 3%, determinando así las propiedades físicas del adobe, teniendo resultados positivos en el ensayo de absorción al adicionar 3% de poliestireno, así mismo en el ensayo de alabeo se registró las medidas de concavidad y convexidad siendo el más alto alabeo al no adicionar el poliestireno.

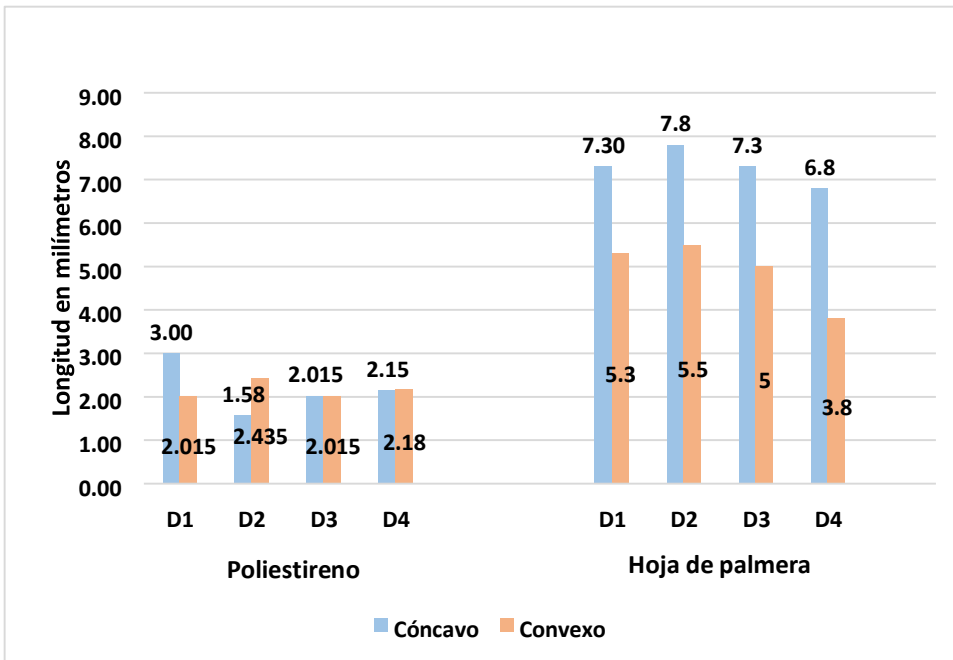
Por otra parte, en la presente investigación se determinó la influencia de las hojas de palmera en las propiedades físicas del adobe al ser adicionada en dosificaciones de 0%, 0.50%, 0.75% y 1%, logrando resultados favorables, en el ensayo de alabeo se registró los valores de concavidad y convexidad, teniendo el más alto alabeo al adicionar 0.50% de hoja de palmera, sin embargo al ir incrementando la dosificación estos valores disminuyen, en el ensayo de absorción no se registró los valores ya que se desmenuzaron.

Grafico 27 Absorción del adobe entre el poliestireno y la hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Grafico 28 Alabeo del adobe entre el poliestireno y la hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

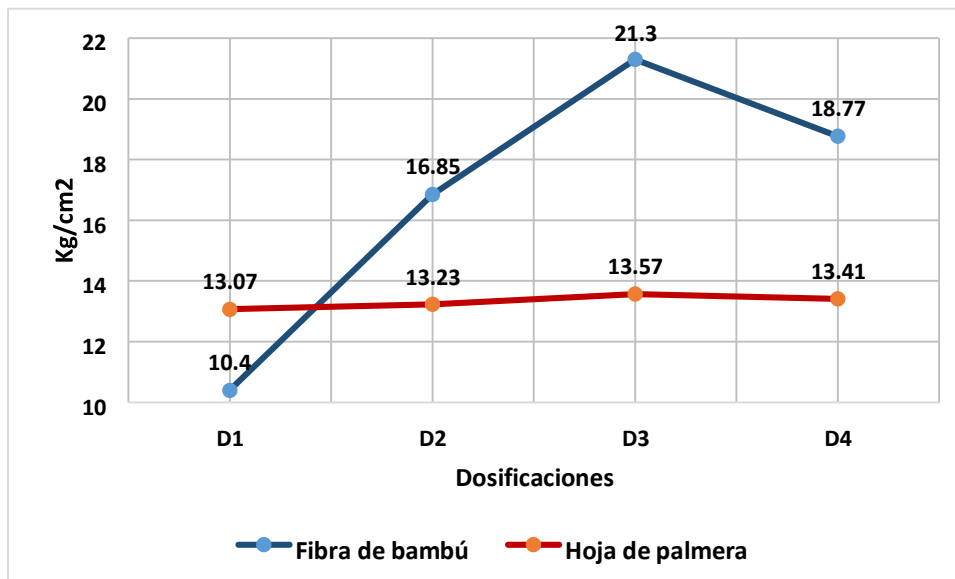
En consecuencia, haciendo una comparación de los resultados de ambas investigaciones y observando el gráfico 27 y 28, se determina que ambos insumos son favorables para mejorar las propiedades físicas del adobe, por tanto tienen una similitud, ya que en el ensayo de absorción el adobe con poliestireno absorbe menos agua a medida que aumenta la dosificación en ella, por otra parte en el adobe con adición de hoja de palmera no se pudo registrar el valor de la absorción debido a que se desmenuzó a los 30min, adicionalmente en el ensayo de alabeo observamos que la deformación en el adobe con poliestireno disminuye levemente, a su vez en el adobe con adición de hoja de palmera es más notorio la mejora que recibe a medida que se aumenta la dosificación de hoja de palmera en ésta. Es importante destacar que en ambas investigaciones los valores obtenidos son diferentes debido al material empleado como aditivo y la dosificación aplicada en los adobes, otra observación que podemos determinar es que al emplear el poliestireno contribuimos a la contaminación ya que es de difícil eliminación y reciclaje, sin embargo la hoja de palmera no contribuye al aumento de la contaminación por ser de origen vegetal y son fáciles de reciclar.

Objetivo específico 2: Determinar cómo la adición de la hoja de palmera influye en la resistencia a la compresión del adobe

Arteaga y Wong (2020): en su investigación se buscó determinar la resistencia a la compresión del adobe adicionando fibra de bambú en dosificaciones de 0%, 5%, 10% y 15%, teniendo como resultado un incremento en la resistencia a la compresión, el máximo valor hallado se encontró en la dosificación de 10%, sin embargo al alcanzar la dosificación de 15% éste disminuyó, aún por debajo de la dosificación del 10% de fibra de bambú.

De la misma manera en la presente investigación, se buscó determinar la influencia de la hoja de palmera en la resistencia a la compresión del adobe, adicionándose una dosificación de 0%, 0.50%, 0.75% y 1%, teniendo resultados positivos, en consecuencia se aumentó la resistencia a la compresión del adobe y un máximo valor al adicionar 0.75% de hoja de palmera, sin embargo al adicionar 1% de hoja de palmera el valor disminuyó posicionándose debajo del valor obtenido al adicionar 0.75% de hoja de palmera.

Grafico 29 Resistencia a la compresión entre la fibra de bambú y la hoja de palmera.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Por lo tanto al hacer una comparación de los resultados obtenidos en ambas investigaciones y a su vez observando el grafico 29 y considerando la diferencia en la dosificación de la fibra de bambú con la hoja de palmera, se concluye que en ambas investigaciones existe una coincidencia, ya que los valores presentados demuestran que al adicionar tanto la fibra de bambú como la hoja de palmera fortalecen la resistencia a la compresión del adobe, sin embargo al adicionar el máximo valor

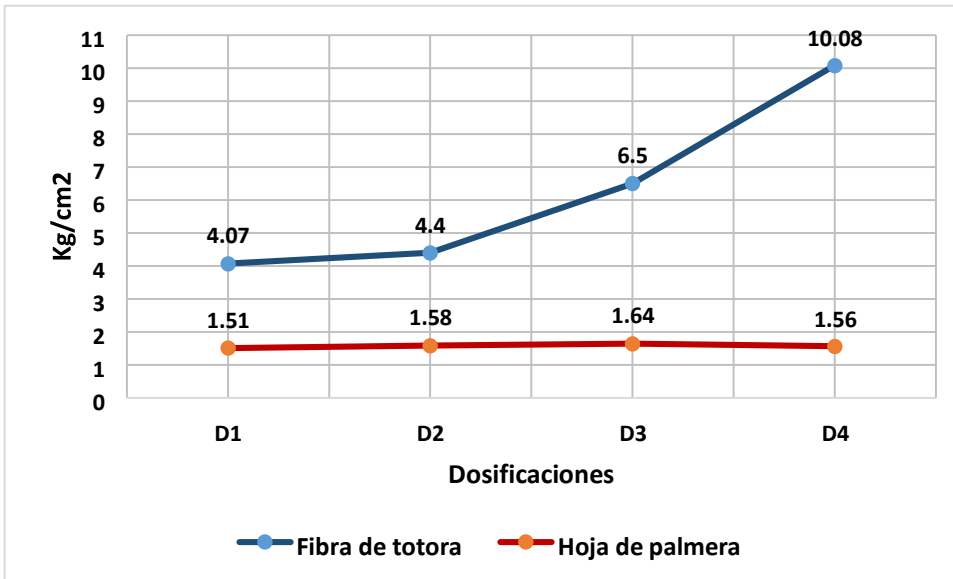
propuesto se reduce el valor de la resistencia a la compresión, en el caso de Arteaga y Wong la dosificación máxima propuesta fue de 15% de fibra de bambú disminuyendo de 21.3 kg/cm² a 18.77 kg/cm², y para la presente investigación la máxima dosificación propuesta fue de 1% disminuyendo de 13.57 kg/cm² a 13.41 kg/cm².

Objetivo específico 3: Determinar cómo la adición de la hoja de palmera influye en la resistencia a la flexión del adobe.

Laime Ancalle (2020): En su trabajo de investigación se analizó la influencia de la fibra de totora en la resistencia a la flexión, para ello se adiciono la fibra de totora en dosificaciones de 0%, 1.5%, 3% y 4.5%, como consecuencia se obtuvo resultados positivos, en el ensayo de resistencia a la flexión el mejor resultado se dio en la dosificación de 4.5%.

Seguidamente se tiene la presente investigación, en ella se buscó determinar la influencia de la fibra de palmera en la resistencia a la flexión del adobe, en consecuencia se conformaron los adobes con una dosificación de 0%, 0.50%, 0.75% y 1%, se lograron resultados positivos ya que se incrementó la resistencia a la flexión del adobe con respecto al adobe patrón, siendo el valor más alto al adicionarse 0.75% de hoja de palmera, sin embargo al adicionarse 1% de hoja de palmera el valor disminuyó.

Grafico 30 *Resistencia a la flexión entre la fibra de totora y la hoja de palmera.*



Fuente: Elaboración propia (2021)

En síntesis, al comparar ambas investigaciones y observando el grafico 30, así como también la dosificación, se concluye que en ambas investigaciones existe una similitud, ya que en ambas se logró reforzar o aumentar la resistencia a la flexión del adobe a medida que se adicionaba tanto la fibra de totora como la hoja de palmera, sin embargo al ensayar con los adobes con adición de 1% de hoja de palmera vemos que la resistencia a la flexión disminuyo de 1.64 kg/cm² a 1.56 kg/cm², para concluir se recalca que la información proporcionada por la presente investigación proporciona datos importantes que ayudan a aumentar el conocimiento científico.

VI. CONCLUSIONES

Al desarrollar los ensayos en el laboratorio para las propiedades físicas y mecánicas del adobe se llegó a consolidar las siguientes conclusiones, que se expresarán de acuerdo a los objetivos descritos en la presente investigación.

1. Como resultado de los ensayos realizados para determinar la influencia de la hoja de palmera en las propiedades físicas mecánicas del adobe se concluye que afecta positivamente al adobe, ya que al adicionar al 0.50%, 0.75% y 1% de hojas de palmera se observó una reducción de la variación dimensional del adobe al terminar su proceso de secado, así mismo se redujo la deformación por alabeo del adobe, también en los ensayos de resistencia, se incrementó la resistencia tanto para la compresión como para la flexión del adobe.
2. De acuerdo con los ensayos realizados para determinar la influencia de la hoja de palmera en las propiedades físicas del adobe, podemos concluir que favorece positivamente, debido a que en el ensayo de variación dimensional los adobe con adición de 0.50%, 0.75% y 1% de hoja de palmera no sufrieron muchos cambios en sus dimensiones en comparación con la muestra patrón, la menor variación dimensional con respecto a la muestra patrón fue al adicionar 0.50%, en el largo (-55%), en el ancho (-65%) y en el alto (-44%), también en el ensayo de alabeo, los adobes que contenían las hojas de palmera en su dosificación no sufrieron mucha deformación en comparación a la muestra patrón, el menor alabeo registrado con respecto a la muestra patrón fue en la dosificación de 1%, la medida de concavidad fue de -7% y de convexidad fue de -28%.
3. Como resultado de los ensayos realizados para determinar la influencia de la hoja de palmera en la resistencia a la compresión del adobe se concluye que favorece positivamente, debido a que en el ensayo de resistencia a la compresión se adiciono 0.50%, 0.75% y 1% de hoja de palmera al adobe, observándose un incremento de la resistencia a la compresión con respecto a la muestra patrón, teniéndose que al adicionar 0.75% se logró una mejora de hasta 4% (13.57 kg/cm²) con respecto a la muestra patrón (13.07 kg/cm²), adicionalmente se encontró que en todas las dosificaciones superan el valor mínimo descrito en la ntp E080 el cual es 10.2kg/cm².

4. De acuerdo con los ensayos realizados para determinar la influencia de la hoja de palmera en la resistencia a la flexión se concluye que favorece positivamente, debido a que en el ensayo de la resistencia a la flexión se adiciono 0.50%, 0.75% y 1% de hoja de palmera cuyos resultados nos indican que se mejoró la resistencia a la flexión con respecto a la muestra patrón, a su vez tenemos que al adicionar 0.75% de hoja de palmera se logró una mejora de 8.61 % (1.64 kg/cm²) con respecto a la muestra patrón (1.51 kg/cm²), adicionalmente se determinó que en todas las dosificaciones se superó el valor mínimo descrito en la NTP E080 el cual es 0.81 kg/cm²

VII. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta el desarrollo de la investigación, los ensayos y los resultados obtenidos, se tiene las siguientes recomendaciones.

Se recomienda utilizar la hoja de palmera como aditivo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del adobe, debido que al adicionar la hoja de palmera se logró disminuir el impacto de la deformación del adobe, ya sea sus dimensiones o el alabeo producto del secado de la misma, de igual manera se observó mejoras en la resistencia a la compresión y flexión del adobe superando en ambas los resultados obtenidos de la muestra patrón.

Se recomienda utilizar la dosificación de 0.75% de hoja de palmera para mejorar las propiedades mecánicas del adobe debido a que se observó un incremento de la resistencia a la compresión y flexión.

Se recomienda realizar un estudio para determinar la mejor dosificación para mejorar las propiedades físicas del adobe, debido que en el ensayo de variación dimensional la dosificación ideal fue al adicionar 0.50% de hoja de palmera, mientras que en el ensayo de alabeo la dosificación ideal se dio al adicionar 1% de hoja del palmera.

Se recomienda emplear las hojas de palmera pero con una sección mucho menor que la utilizada en la presente investigación, debido que el empleo de una hoja con una sección grande dificulta el proceso de integración a la mezcla, pese a que las hojas se cortaron a una medida que nos permita mezclar con facilidad, observamos que la sección aún sigue siendo mayor y esto provoca que el proceso de mezclado sea más riguroso.

Se recomienda realizar un estudio del empleo de las fibras de la palmera como aditivo para mejorar las propiedades físicas mecánicas del adobe, ya que la fibra al ser más delgada podría integrarse mejor a la mezcla proporcionando mejores resultados de los que obtuvimos.

Se recomienda emplear la palmera ya sea como hojas o fibras en la elaboración de los adobes debido a que se daría utilidad a este recurso que fácilmente es desechado en la sierra del Perú, así mismo se estaría ayudando a las personas que utilizan el adobe como material de construcción brindándoles confort y una nueva alternativa, a su vez se estaría reciclando un recurso que se desprecia y eso ayudaría a mitigar el impacto ambiental que provoca la utilización de materiales industriales.

REFERENCIAS

Arteaga Jaime, Loja Luis (2018). Diseño de adobes estabilizados. Tesis (grado de arquitecto). Universidad de Cuenca – Ecuador. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30332>

Arteaga Fernando, Wong Luis (2020). Propiedades físicas y mecánicas del adobe con adición de fibra de bambú en el centro poblado Cambio Puente de la ciudad de Chimbote, Santa – Ancash- 2020. Tesis (grado de ingeniero civil). Universidad Cesar Vallejo Chimbote – Perú. Disponible en el repositorio UCV: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53794>

ASTM D-2487-00. American Society for Testing and Materials (Estados Unidos). Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Disponible en: https://www.academia.edu/11288971/Designation_D_2487_00_Classification_of_Soils_for_Engineering_Purposes_Unified_Soil_Classification_System

Ynoub Cecilia (2007). El proyecto y la metodología de la investigación. Segunda edición. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=1472>. ISBN: 9789872266578

Chuya Eva, Ayala María (2018). Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio. Tesis (grado de arquitecto). Universidad de Cuenca – Ecuador. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30095>

Guerrero Luis (2014). Potencial Ecológico de la Edificación con Adobe. Artículo para la editorial Restauero Compas y Canto. Volumen 1. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco, Distrito Federal – México. Disponible en: <https://editorialrestauero.com.mx/potencial-ecologico-de-la-edificacion-con-adobe/> ISSN 2007-8773

Guerra Juan (2018). Mecánica de suelos Conceptos básicos y aplicaciones. Primera edición. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=7824>

ISBN: 9788416898626

Maldonado Jorge (2018). Metodología de la investigación social, Paradigmas: Cuantitativo, sociocrítico, cualitativo, complementario. Primera edición. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=8043>

ISBN: 9789587628609

Martínez Ruiz (2018). Metodología de la investigación. Primera edición. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=6401>

ISBN: 9786075266527

Moscoso Cordero (2016). El adobe, sus características y el confort térmico. Artículo de investigación. Universidad de Cuenca – Ecuador. Disponible en:

<https://www.eumed.net/libros-gratis/actas/2016/filosofia/El-adobe-Moscoso.pdf>

Norma española 41410 (UNE, 2008). Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y métodos de ensayo. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0042285>

Norma Técnica Peruana E080 (2017). Diseño y construcción con tierra reforzada. Anexo - resolución ministerial n° 121-2017-vivienda. Disponible en: https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376

Norma Técnica Peruana E080 (2006). Diseño y construcción con tierra reforzada. Difundido por: ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia. Disponible en: [https://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_080.p df](https://cdnweb.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/RNE2006_E_080.pdf)

Norma Técnica Peruana 399.613 (2005). Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Primera edición. Disponible en: <https://pdfslide.tips/documents/ntp-399613pdf.html>

Norma Técnica Peruana 339.127 (1998). Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Primera edición. Disponible en: https://kupdf.net/download/ntp-339127-suelos-metodo-de-ensayo-para-determinarel-contenido-de-humedad-de-un-suelo-ntppdf_59741f4ddc0d60b051727654_pdf

Ñaupas Humberto, Valdivia Marcelino, Palacios Jesús, Romero Hugo (2018).

Metodología de la investigación. Cuantitativa – Cualitativa y redacción de la tesis. Quinta edición. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=8046>

Niño Rojas (2019). Metodología de la investigación. Diseño, ejecución e informe. Segunda edición. Disponible en: <http://www.ebooks7-24.com/?il=9546>. ISBN: 9789587920758

Laime Gustavo (2020). Diseño de elaboración del adobe incorporando la fibra de Totora para reforzar las propiedades físico y mecánico – Huancavelica 2020. Tesis (Grado de ingeniero civil). Universidad Cesar Vallejo Lima – Perú. Disponible en el repositorio UCV: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50095>

Paucar Carlos (2018). Diseño de un adobe con adición de poliestireno para la construcción de viviendas climatizadas en la zona rural del distrito de Caraz, Ancash - 2018. Tesis (Grado de ingeniero civil). Universidad Cesar Vallejo, Nuevo Chimbote – Perú. Disponible en el repositorio UCV: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/23756>

Ruiz Mauricio (2019). Conformación de bloques de adobe con residuos de agave “Angustifolia Haw”. Estrategia para el desarrollo local sustentable en Santa María La Asunción, Zumpahuacán, Estado de México. Trabajo de grado en (Maestro en Estudios sustentables regionales y metropolitanos). Universidad autónoma del estado de México, Toluca - México. Disponible en el repositorio institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/105029>

Vidal Gladys, Hormazábal Sujey (2016). Las fibras vegetales y sus aplicaciones. Primera edición. Universidad de Concepción – Chile. Disponible en: <http://www.eula.cl/giba/wp-content/uploads/2017/09/las-fibras-vegetales-y-sus-aplicaciones.pdf>
ISBN: 978956227

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Tema: Evaluación del comportamiento físico mecánico de ladrillos de Adobe artesanal con adición de hojas de Palmera, Cusco 2021


PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENCIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO DE MEDICION
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo influye la adición de la hoja de palmera en las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar cómo influye la adición de la hoja de palmera en las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>la adición de las hojas de palmera mejorará las propiedades físicas mecánicas del adobe, Cusco 2021</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Hoja de palmera</p>	<p>Dosificación</p>	<p>D1: 0%</p> <p>D2: 0.50%</p> <p>D3: 0.75%</p> <p>D4: 1%</p>	<p>Balanza de medición</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cómo influye la adición de hojas de palmera en las propiedades físicas del adobe?</p> <p>¿Cómo influye la adición de hojas de palmera en la resistencia a la compresión del adobe?</p> <p>¿Cómo influye la adición de hojas de palmera en la resistencia a la flexión del adobe?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar cómo adición de la hoja de palmera influye en las propiedades físicas del adobe.</p> <p>Determinar cómo la adición de la hoja de palmera influye en la resistencia a la compresión del adobe.</p> <p>Determinar cómo la adición de la hoja de palmera influye en la resistencia a la flexión del adobe.</p>	<p>Hipótesis específicas</p> <p>¿La adición de las hojas de palmera influirán en las propiedades físicas del adobe?</p> <p>¿La adición de las hojas de palmera mejorará la resistencia a la compresión del adobe?</p> <p>¿La adición de las hojas de palmera mejorará la resistencia a la flexión del adobe?</p>	<p>Variable Dependiente</p> <p>Adobe</p>	<p>Propiedades físicas</p> <p>Propiedades mecánicas</p>	<p>Variación dimensional</p> <p>Alabeo</p> <p>Absorción</p> <p>Resistencia a la compresión</p> <p>Resistencia a la Flexión</p>	<p>Regla de acero milimetrada</p> <p>Reglas de acero milimetrada</p> <p>Balanza de medición Horno</p> <p>Prensa hidráulica</p> <p>Prensa hidráulica</p>

Cuadro de porcentaje general

Evaluación del comportamiento físico mecánico de Adobes artesanales con adición de hojas de Palmera, Cusco 2021

AUTOR	TITULO	AÑO	% de fibra	Resistencia a la compresión (f'b = kg/cm ²)		Resistencia a la flexión (Mr= kg/cm ²)		Absorción				Variación dimensional			Alabeo		
				Muestra Patron	Fibra	Muestra patron	Fibra	Peso seco (gr)	Tiempo (H)	Peso saturado (gr)	Absorción %	Largo prom.	Ancho prom.	Altura prom.	Cóncavo (mm)	Convexo (mm)	
Arteaga y Loja	Diseño de adobes estabilizados con emulsión asfáltica	2018	0.00%	12.74		1.84		19801.90	0.10	20397.07	3.00%						
			2.50%		12.4		2.04		13240.30	0.10	13363.20	0.93%					
			5.00%		13.35		2.24		12796.83	0.10	12896.47	0.78%					
			7.50%		15.28		2.55		12662.97	0.10	12717.77	0.43%					
			10.00%		20.68		2.86		12162.80	0.10	12213.10	0.41%					
Ruiz Serrano	Conformación de bloques de adobe con residuos de agave "Angustifolia Haw" estrategia par el desarrollo local sestentable en Santa María La Asuncion, Zumpahuacán, Estado de México	2019	18.00%	3.3				18200.00	0.30	20550.00	12.91%						
				bagazo	4.47			17200.00	0.30	19500.00	13.37%						
				agave	3.34			18100.00	0.30	20500.00	13.26%						
				bagazo + agave	4.15			17400.00	0.30	19800.00	13.79%						
Eva Chuya y Maria Ayala	comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio	2018	0.00%	14.26		2.029											
			0.60%		15.49		6.965										
			2.80%		13.46		6.71										
			3.40%		13.47		10.43										
			6.80%		11.71		8.362										
7.90%		13.66		10.63													
Laimé Ancalle	Diseño de elaboración del adobe incorporando la fibra de Totora para reforzar las propiedades físico y mecánico - Huancavelica 2020	2020	0.00%	14.39		4.07		5566.67	24.00	7051.5	26.68%						
			1.50%		26.67		4.40		5552.83	24.00	7059.83	27.14%					
			3.00%		30.49		6.50		5528.50	24.00	7067	27.83%					
			4.50%		34.26		10.08		5552.33	24.00	7159.5	28.95%					
Arteaga y Wong	Propiedades físicas y mecánicas del adobe con adición de fibra de bambú en el centro poblado Cambio Puente de la ciudad de Chimbote, Santa - Ancash- 2020	2020	0.00%	10.40				10749.20	0.48		se deshizo	1	2	3			
			5.00%		16.85				9555.83	1.23		se deshizo	0	2	5		
			10.00%		21.30				9749.33	2.12		se deshizo	0	1	4		
			15.00%		18.77				9553.00	3.09		se deshizo	0	1	3		
Pauca Sevillano	Diseño de un adobe con adición de poliestireno para la construcción de viviendas climatizadas en la zona rural de distrito de Caraz, Ancash 2018.	2018	0.00%	16.66				5440.90	24.00	5441.33	21.59%				3.00	2.015	
			1.00%		23.67				4992.47	24.00	5024.17	20.26%				1.58	2.435
			2.00%		35.82				5102.67	24.00	5124.23	13.80%				2.015	2.015
			3.00%		42.35				5459.30	24.00	5473.57	9.31%				2.15	2.18

Anexo 3: Validación de los instrumentos de recolección de datos.

 FICHA DE RECOPIACION DE DATOS	
TITULO: Evaluación del comportamiento físico mecánico de Adobes artesanales con adición de hojas de Palmera, Cusco 2021	
AUTOR: Br. Brandon L. Pedraza Teves	
VARIABLE DEPENDIENTE: Adobe	
INFORMACION GENERAL	
Ubicación: Asociación Pro Vivienda "Villa San Blas"	
Departamento: Cusco	Provincia: Cusco
Distrito: Cusco	
Altitud: 3399 m.s.n.m	Latitud Sur: 13° 30' 45"
Longitud oeste: 71° 58' 33"	

Respuesta: Mala 1 Buena 2 Optima 3

Evaluar el comportamiento físico del adobe incorporado con hoja de palmera				
DIMENSION	INDICADORES	MARCA (x)		
		1	2	3
Propiedades físicas	Variación dimensional		X	
	Alabeo		X	
	Absorción		X	


 Brandon L. Choque Escalante
 INGENIERO CIVIL
 CIP Nº 160942



FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

TITULO: Evaluación del comportamiento físico mecánico de Adobes artesanales con adición de hojas de Palmera, Cusco 2021

AUTOR: Br. Brandon L. Pedraza Teves

VARIABLE DEPENDIENTE: Adobe

INFORMACION GENERAL

Ubicación: Asociación Pro Vivienda "Villa San Blas"

Departamento: Cusco **Provincia:** Cusco **Distrito:** Cusco

Altitud: 3399 m.s.n.m **Latitud Sur:** 13° 30' 45" **Longitud oeste:** 71° 58' 33"

Respuesta: Mala 1 Buena 2 Optima 3

Evaluar el comportamiento físico del adobe incorporado con hoja de palmera

DIMENSION	INDICADORES	MARCA (x)		
		1	2	3
Propiedades físicas	Variación dimensional		X	
	Alabeo		X	
	Absorción		X	




Carlos G. Muñoz Mendoza
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 77748



FICHA DE RECOPIACION DE DATOS

TITULO: Evaluación del comportamiento físico mecánico de Adobes artesanales con adición de hojas de Palmera, Cusco 2021

AUTOR: Br. Brandon L. Pedraza Teves

VARIABLE DEPENDIENTE: Adobe

INFORMACION GENERAL

Ubicación: Asociación Pro Vivienda "Villa San Blas"

Departamento: Cusco **Provincia:** Cusco **Distrito:** Cusco

Altitud: 3399 m.s.n.m **Latitud Sur:** 13° 30' 45" **Longitud oeste:** 71° 58' 33"

Respuesta: Mala 1 Buena 2 Optima 3

Evaluar el comportamiento físico del adobe incorporado con hoja de palmera

DIMENSION	INDICADORES	MARCA (x)		
		1	2	3
Propiedades físicas	Variación dimensional		X	
	Alabeo		X	
	Absorción		X	



FICHA DE VALIDACION


TITULO:	Evaluación del comportamiento físico mecánico de Adobes artesanales con adición de hojas de Palmera, Cusco 2021							
AUTOR:	Br. Brandon L. Pedraza Teves							
Según Oseda, (2012) nos da la siguiente tabla.								
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Validez nula (0.53 a menos)	Validez baja (0.54 a 0.59)	Valida (0.60 a 0.65)	Muy válida (0.66 a 0.71)	Excelente validez (0.72 a 0.99)	Validez perfecta (1.0)
			Ingeniero 1		Ingeniero 2		Ingeniero 3	
Adobe	Propiedades físicas	Variación dimensional	0.96	0.90	0.97			
		Alabeo	0.90	0.92	0.95			
		Absorción	0.95	0.95	0.95			
		Σ	2.81	2.77	2.87			
		Prom.	0.94	0.92	0.97			
			TOTAL:			0.94		



Carlos G. Muñiz Mendoza
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 77748



Guillermo R. Choque Escalante
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 120342



Yohed G. Sierra Tajro
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 53063

Anexo 4: Cuadro de dosificación.

Tabla 1: Dosificación de la hoja de palmera para los adobes con dimensiones de:
10cm x 10cm x 10cm.

Dosificación (10x10x10)	Peso promedio del adobe	Cantidad de palmera en gr.	Cantidad und.	Total gr.
Patrón	2150 gr.	0.00	6	0.00
0.50%		10.75	6	64.50
0.75%		16.13	6	96.78
1%		21.50	6	129.0

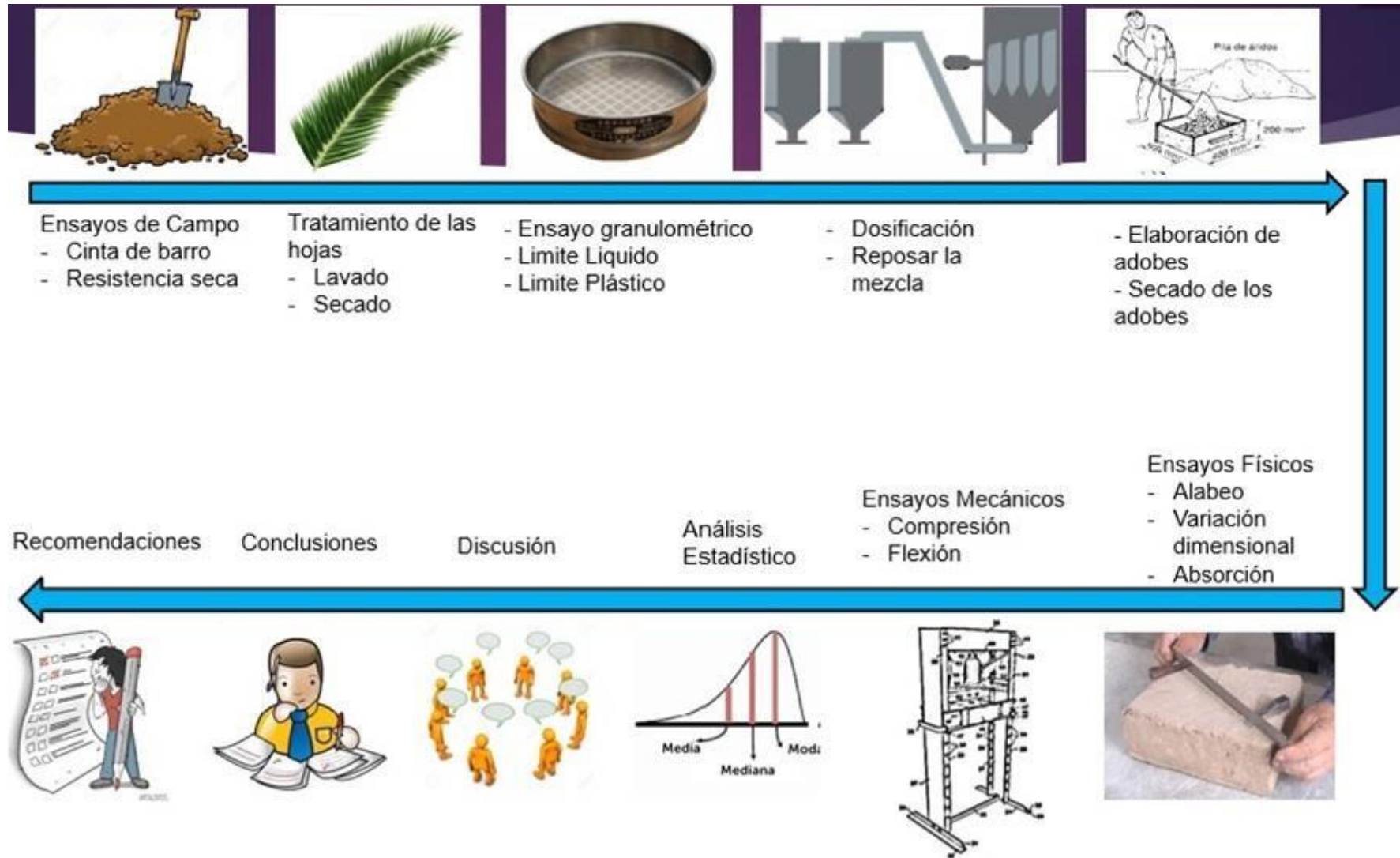
Tabla 2: Dosificación de la hoja de palmera para los adobes con dimensiones de:
24cm x 12cm x 8.5cm.

Dosificación (24x12x8.5)	Peso promedio del adobe	Cantidad de palmera en gr.	Cantidad und.	Total gr.
Patrón	4160 gr.	0.00	21	0.00
0.50%		20.80	21	436.80
0.75%		31.20	21	655.20
1%		41.60	21	873.60

Tabla 3: Cantidad de adobes empleados para los ensayos físicos y mecánicos.

Cantidad de adobes				
Ensayo	Patrón	0.5%	0.75%	1%
Compresión axial	6	6	6	6
Resistencia flexión	6	6	6	6
Absorción	5	5	5	5
Variación dimensional	10	10	10	10
Alabeo	10	10	10	10

Anexo 5: Procedimiento.



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)



ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99/ ASTM D-422 Y AASHTO T-88

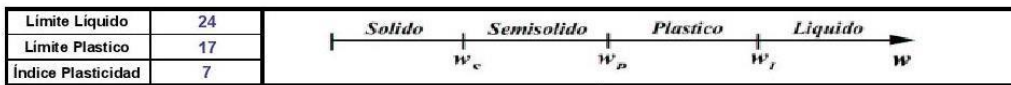
PROYECTO: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE ADOBES ARTESANALES CON ADICIÓN DE HOJAS DE PALMERA, CUSCO 2021".

UBICACIÓN: - **CALICATA:** -

SOLICITANTE: BRANDON LEE PEDRAZA TEVES **PROFUNDIDAD:** -

FECHA: CUSCO, MAYO DE 2021. **MUESTRA:** M-01

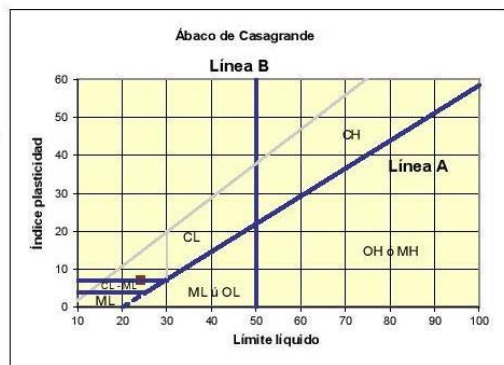
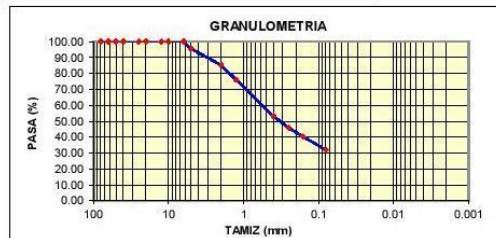
Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	NORMAS REFERENCIALES
80	100.00	100.00	0.00	0.00	
63	100.00	100.00	0.00	0.00	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado UNE : 103 101 : 1995
50	100.00	100.00	0.00	0.00	
40	100.00	100.00	0.00	0.00	 SUELOS GRANULARES
25	100.00	100.00	0.00	0.00	
20	100.00	100.00	0.00	0.00	
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00	
10	100.00	100.00	0.00	0.00	 SUELOS COHESIVOS
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00	
5	95.56	95.56	4.44	4.44	
2	85.37	85.37	14.63	10.19	
1.25	75.96	75.96	24.04	9.41	
0.4	53.19	53.19	46.81	22.77	
0.25	45.79	45.79	54.21	7.40	
0.160	40.25	40.25	59.75	5.54	
0.080	31.84	31.84	68.16	8.41	



Pasa tamiz N° 4 (5mm):	85.37 %
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	31.84 %
D60:	0.65 mm
D30:	mm
D10 (diámetro efectivo):	mm
Coefficiente de Uniformidad (Cu):	
Grado de Curvatura (Cc):	

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS	
SUELO DE GRANO GRUESO MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW Gravas bien graduadas GP Gravas mal graduadas GM Gravas Limosas GC Gravas Arcillosas
SUELO ARENOSO GRUESO MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	SW Arenas bien graduadas SP Arenas mal graduadas SM Arenas Limosas SC Arenas Arcillosas
SUELO DE GRANO FINO MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	ML Limo inorgánicos CL Arcillas inorgánicas de baja plasticidad OL Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
SUELO DE GRANO FINO MAS DEL 50% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	MH Limos inorgánicos CH Arcillas inorgánicas de alta plasticidad OH Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
Atanamiento Organico	Pt Turba y otros suelos atanamiento organicos

Gravas:	4.44 %
Arena:	55.31 %
Limo y Arcillas:	40.25 %
	100.00 %



Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).

Arena arcillosa SC

ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE ADOBES ARTESANALES CON ADICIÓN DE HOJAS DE PALMERA, CUSCO 2021".

UBICACIÓN : - **CALICATA:** -

SOLICITANTE : BRANDON LEE PEDRAZA TEVES **MUESTRA:** M-01

FECHA : CUSCO, MAYO DE 2021.

LIMITE LIQUIDO	1	2	3	4
Muestra N°				
Peso de la capsula	14.17	15.53	14.66	15.97
Peso capsula. + suelo humedo	31.31	28.80	28.15	30.72
Peso capsula + suelo seco	28.10	26.28	25.52	27.77
Numero de golpes	35	30	23	18
Peso suelo seco	13.93	10.75	10.86	11.8
Peso agua	3.21	2.52	2.63	2.95
% humedad	23.04%	23.44%	24.22%	25.00%

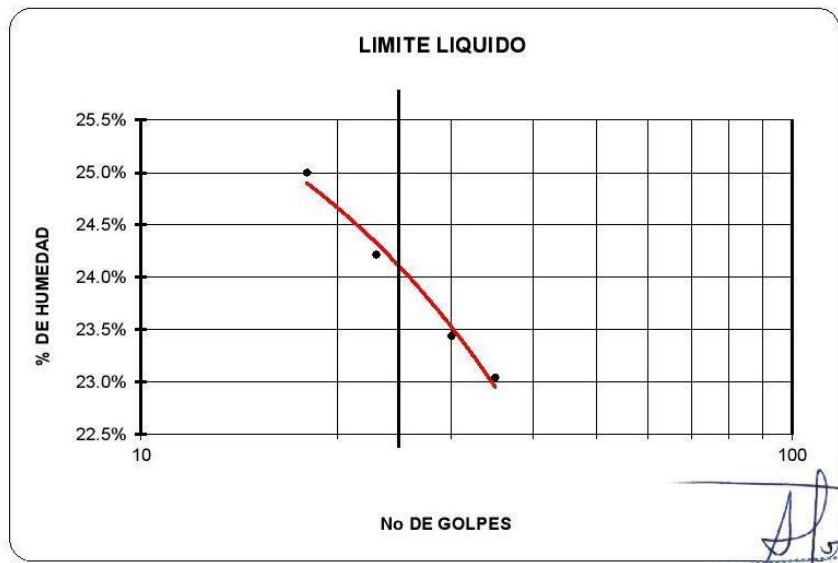
OBSERVACIONES:



LIMITE PLASTICO	1	2	3	PROMEDIO
Muestra				
Peso de la capsula	11.97	12.04	11.80	
Peso capsula. + suelo humedo	17.24	18.20	17.92	
Peso capsula + suelo seco	16.48	17.30	17.05	
Peso suelo seco	4.51	5.26	5.25	
Peso agua	0.76	0.90	0.87	
% humedad	16.85%	17.11%	16.57%	16.84%

RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO	24%
LIMITE PLASTICO	17%
INDICE PLASTICO	7%



Ing. Emiliano Alvarez Escalante
ING. CIVIL - ESPECIALIDAD EN TERRESTRES
 CIP N° 184003

CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC - E 108 - 99

MICROOVEN METHOD

Proyecto : "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE ADOBES ARTESANALES CON ADICIÓN DE HOJAS DE PALMERA, CUSCO 2021".

Ubicación : -

Solicitante : BRANDON LEE PEDRAZA TEVES

Fecha : CUSCO, MAYO DE 2021.

Calicata : -

Prof. : -

Muestra : M-01

MUESTRA PROFUNDIDAD (MT)	N° 01	N° 02	N° 03
	-	-	-
Peso de Capsula (gr)	89.06	85.67	133.5
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	401.75	425.29	475.59
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	373.1	395.03	444.95
Peso del Suelo Humedo (gr)	312.69	339.62	342.09
Peso del Suelo Seco (gr)	284.04	309.36	311.45
Peso del Agua (gr)	28.65	30.26	30.64
Contenido de Humedad (w)	10.09 %	9.78 %	9.84 %

Promedio : 9.90 %



CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos son:

- Límites de Atterberg:
 - ❖ Límite Líquido : 24%
 - ❖ Límite Plástico : 17%
 - ❖ Índice de Plasticidad : 7%
- Clasificación Granulométrica:
 - ❖ Clasificación SUCS : SC
 - ❖ Descripción : Arena Arcillosa
 - ❖ Porcentaje de gravas : 4.44%
 - ❖ Porcentaje de arena : 55.31%
 - ❖ Porcentaje de limos y arcillas: 40.25%
- Humedad Promedio : 9.90 %


Ing. Emiliano Alvarez Escalante
ING. CIVIL ESPECIALISTA
EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
CIP: N° 184003

PANEL FOTOGRAFICO



Ing. Emiliario Alvarez Escalante
 ING. CIVIL ESPECIALISTA
 EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
 CIP. N° 184003

ENSAYOS DE CONTROL DE CALIDAD DE ADOBES

(INFORME DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE ADOBES)



TESIS : "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE ADOBES ARTESANALES CON ADICIÓN DE HOJAS DE PALMERA, CUSCO 2021".

TESISTA :
BRANDON LEE PEDRAZA TEVES

FECHA : CUSCO, JUNIO DE 2021.


Ing. Emiliano Alvarez Escalante
ING. CIVIL ESPECIALISTA
EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
CIP N° 184003

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVO.....	3
3.	MARCO NORMATIVO.	3
4.	MARCO REFERENCIAL.....	3
4.1	UNIDAD DE ADOBE.....	3
4.2	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	3
4.3	FALLA POR COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES DE ADOBE	3
5.	MUESTREO.....	3
6.	EQUIPOS Y MATERIALES:	4
7.	RESULTADOS	5
7.1	ENSAYO DE COMPRESION.....	5
7.2	ENSAYO DE FLEXION	6
8.	PANEL FOTOGRÁFICO.....	7


 Ing. Emilio Alvarez Escalante
 ING. CIV. ESPECIALISTA
 EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
 CIP N° 184003

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene información sobre los ensayos realizados en el trabajo de investigación: "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE ADOBES ARTESANALES CON ADICIÓN DE HOJAS DE PALMERA, CUSCO 2021".

2. OBJETIVO

Realizar pruebas de compresión y flexión en unidades de adobe, según la Norma E.080- Adobe.

3. MARCO NORMATIVO.

Se ha considerado como mínimo, lo establecido en las Normas E.080-Adobe.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 UNIDAD DE ADOBE.

Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.

4.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe.

4.3 FALLA POR COMPRESIÓN DE LAS UNIDADES DE ADOBE.

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Sin embargo, la resistencia a la compresión de los materiales que no se rompen en la compresión se define como la cantidad de esfuerzo necesario para deformar el material una cantidad arbitraria. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión.

5. MUESTREO

Teniendo en cuenta lo indicado en la Norma E.080, se tomaron 6 muestras para cada ensayo, y para cada dosificación. De las 6 se seleccionaron 4, las que se consideraron las más adecuadas.


Ing. Emiliano Alvarez Escalante
ING. CIVIL ESPECIALIZADO
EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
CIP. Nº 184003

6. EQUIPOS Y MATERIALES:

1) Equipos

- Sierra, para cortar los especímenes al tamaño adecuado para los ensayos.
- Calibrador o vernier con apreciación de por lo menos 0.5 mm.
- Equipo para realizar la compresión y flexión.


Ing. Emiliano Alvarez Escalante
ING. CIVIL ESPECIALISTA
EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
CIP. N° 184003

7. RESULTADOS

7.1 ENSAYO DE COMPRESION

ENSAYO DE COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ADOBE									
NORMA E.080, NTP 339.078									
Objeto: Determinar el porcentaje de resistencia a la compresión									
PROYECTO : "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE ADOBES ARTESANALES CON ADICIÓN DE HOJAS DE PALMERA, CUSCO 2021".									
SOLICITADO: BRANDON LEE PEDRAZA TEVES									
FECHA: CUSCO, JUNIO DE 2021									
OBSERVACION: Muestras proporcionados por el solicitante									
REG.N°	DESCRIPCION	ELEMENTO	FECHA		Edad (días)	PROBETA CURICA			
			MOLDEO	ROTURA		Ancho (cm)	Largo (cm)	Alto (cm)	Área (cm ²)
1	0% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	9.98	9.99	9.98	99.70
2		M-02	-	01/06/21	-	9.99	9.99	9.98	99.80
3		M-03	-	01/06/21	-	9.97	9.98	9.98	99.50
4		M-04	-	01/06/21	-	9.99	9.96	9.97	99.50
5	0.5% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	9.98	9.98	9.99	99.60
6		M-02	-	01/06/21	-	9.99	9.99	9.98	99.80
7		M-03	-	01/06/21	-	9.97	9.98	9.98	99.50
8		M-04	-	01/06/21	-	9.96	9.99	9.98	99.50
9	0.75% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	9.97	9.97	9.97	99.40
10		M-02	-	01/06/21	-	9.98	9.97	9.98	99.50
11		M-03	-	01/06/21	-	9.98	9.99	9.98	99.70
12		M-04	-	01/06/21	-	9.99	9.99	9.98	99.76
13	1% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	9.97	9.98	9.98	99.50
14		M-02	-	01/06/21	-	9.99	9.99	9.98	99.80
15		M-03	-	01/06/21	-	9.96	9.97	9.98	99.30
16		M-04	-	01/06/21	-	9.97	9.98	9.99	99.50

REG.N°	DESCRIPCION	ELEMENTO	LECTURA DIAL	DISEÑO (fm)	RESISTENCIA		
			(KN)	(Kg/cm ²)	(Mpa)	(Kg/cm ²)	%
1	0% de Palmera	M-01	12.79	12	1.28	13.08	109.0%
2		M-02	12.71	12	1.27	12.99	108.2%
3		M-03	12.75	12	1.28	13.07	108.9%
4		M-04	12.81	12	1.29	13.13	109.4%
5	0.5% de Palmera	M-01	12.91	12	1.30	13.22	110.1%
6		M-02	12.92	12	1.29	13.20	110.0%
7		M-03	12.94	12	1.30	13.26	110.5%
8		M-04	12.93	12	1.30	13.25	110.4%
9	0.75% de Palmera	M-01	13.24	12	1.33	13.58	113.2%
10		M-02	13.25	12	1.33	13.58	113.2%
11		M-03	13.27	12	1.33	13.57	113.1%
12		M-04	13.26	12	1.33	13.55	112.9%
13	1% de Palmera	M-01	13.09	12	1.32	13.41	111.8%
14		M-02	13.11	12	1.31	13.40	111.6%
15		M-03	13.08	12	1.32	13.43	111.9%
16		M-04	13.09	12	1.32	13.41	111.8%

Escriba


 Ing. Emilian Alvarez Escalante
 ING. CIVIL ESPECIALISTA
 EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
 CIP N° 184003

7.2 ENSAYO DE FLEXION

ENSAYO: FLEXO- TRACCIÓN EN MURETE DE ADOBE								
NORMA E.080, NTP 339.078								
Objeto: Determinar la resistencia a la flexión								
PROYECTO:		"EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO FÍSICO MECÁNICO DE ADOBES ARTESANALES CON ADICIÓN DE HOJAS DE PALMERA, CUSCO 2021".						
SOLICITADO:		BRANDON LEE PEDRAZA TEVES						
FECHA:		CUSCO, JUNIO DE 2021						
OBSERVACION:		Muestras proporcionados por el solicitante						
REG.N°	DESCRIPCION	ELEMENTO	FECHA		Edad (días)	ANCHO (b) (cm)	ALTURA (h) (cm)	L (luz libre entre apoyos) (cm)
			MOLDEO	ROTURA				
1	0% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	11.97	9.00	19.50
2		M-02	-	01/06/21	-	12.00	8.99	19.50
3		M-03	-	01/06/21	-	11.98	8.99	19.50
4		M-04	-	01/06/21	-	11.99	9.00	19.50
5	0.5% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	12.00	9.00	19.50
6		M-02	-	01/06/21	-	11.98	8.97	19.50
7		M-03	-	01/06/21	-	11.98	8.98	19.50
8		M-04	-	01/06/21	-	12.00	9.00	19.50
9	0.75% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	11.98	9.00	19.50
10		M-02	-	01/06/21	-	11.99	8.98	19.50
11		M-03	-	01/06/21	-	12.00	8.97	19.50
12		M-04	-	01/06/21	-	11.98	9.00	19.50
13	1% de Palmera	M-01	-	01/06/21	-	12.00	9.00	19.50
14		M-02	-	01/06/21	-	12.00	8.97	19.50
15		M-03	-	01/06/21	-	11.97	8.99	19.50
16		M-04	-	01/06/21	-	11.98	9.00	19.50

REG.N°	DESCRIPCION	ELEMENTO	DIAL		RESISTENCIA
			(KN)	Kg-f	(kg/cm ²)
1	0% de Palmera	M-01	0.731	74.54	1.50
2		M-02	0.738	75.25	1.51
3		M-03	0.738	75.25	1.52
4		M-04	0.731	74.54	1.50
5	0.5% de Palmera	M-01	0.774	78.92	1.58
6		M-02	0.761	77.60	1.57
7		M-03	0.762	77.70	1.57
8		M-04	0.774	78.92	1.58
9	0.75% de Palmera	M-01	0.794	80.96	1.63
10		M-02	0.799	81.47	1.64
11		M-03	0.791	80.66	1.63
12		M-04	0.805	82.09	1.65
13	1% de Palmera	M-01	0.762	77.70	1.56
14		M-02	0.751	76.58	1.55
15		M-03	0.759	77.40	1.56
16		M-04	0.755	76.97	1.55


 Ing. Emiliano Alvarez Escalante
 ING. CIVIL ESPECIALISTA
 EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
 CIP. N° 184003

8. PANEL FOTOGRÁFICO

ENSAYO DE COMPRESION:



Ing. Emilio Alvarez Escalante
 ING. CIVIL ESPECIALIZADO
 EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
 CIP. N° 184003



ENSAYO DE FLEXION:



Ing. Emiliano Alvarez Escalante
 ING. CIVIL ESPECIALISTA
 EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
 CIP- N° 184003




Ing. Emiliario Alvarez Escalante
 ING. CIVIL ESPECIALISTA
 EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
 CIP: N° 184003

Anexo 7: Certificados de calibración de los equipos.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 03128 - 2021

PROFORMA : 1491A Fecha de emisión : 2021-04-08

SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
 Dirección : CAL.PERU MZA. X LOTE. 13 URB. TTIO CUSCO-CUSCO-WANCHAQ

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA
 Marca : OHAUS
 Modelo : PAJ4102
 N° de Serie : B451405168
 Capacidad Máxima : 4100 g
 Resolución : 0,01 g
 División de Verificación : 0,1 g
 Clase de Exactitud : II
 Capacidad Mínima : 5 g
 Procedencia : CHINA
 N° de Parte : No Indica
 Identificación : No Indica
 Ubicación : LABORATORIO
 Variación de ΔT Local : 2 °C
 Fecha de Calibración : 2021-03-24

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN
 Instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 CFP: 0316



Emiliano Alvarez Escalante
Ing. Emiliano Alvarez Escalante
 INGENIERO ESPECIALISTA
 EN GEOTECNIA Y OTRAS TÉCNICAS
 CIP: N° 184003

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC-03135-2021

PROFORMA : 1491A Fecha de emisión: 2021 - 04 - 07 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C.
 Dirección : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Ttio Cusco-Cusco-Wanchaq

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : COPA CASA GRANDE

Marca : MATEST
 Modelo : S172X
 N° de Serie : S172X/AD/0001
 Procedencia : Italia
 Identificación : No indica
 Ubicación : Laboratorio
 Fecha de Calibración : 2021-03-03

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de medida, tomando como referencia la norma MTCE 110 - 2000.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	11,9 °C	11,9 °C
Humedad Relativa	43,4 %	43,4 %

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 CFP: 0316



Jr. Condesa de Lemos N°117
 San Miguel, Lima

(01) 262 9536
 (51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe

Ing. Emiliario Alvarez Escalante

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 03136 - 2021

PROFORMA : 1491A Fecha de emisión : 2021-04-07 Página : 1 de 3

SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C.
 Dirección : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Ttio Cusco-Cusco-Wanchaq

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TAMIZ
 Marca : HUMBOLT
 Modelo : N° 200
 N° de serie : EE195483
 N° de tamiz : No. 200
 Tamaño de abertura : 75 µm
 Identificación : NO INDICA
 Procedencia : U. S. A.
 Ubicación : NO INDICA
 Fecha de Calibración : 2021-03-24

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

LUGAR DE CALIBRACIÓN
 Instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
 La calibración se realizó por comparación directa utilizando patrones calibrados y trazables al sistema internacional de unidades, tomando como referencia la norma ASTM E11.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES


MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	12,2 °C	12,5 °C
HUMEDAD RELATIVA	49,2%	50,2%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.
 El presente documento carece de valor sin firma y sello.


 Lic. Nicolás Ramos Paucar
 Gerente Técnico
 CFP : 0316



 Jr. Condesa de Lemos N°117
 San Miguel, Lima

 (01) 262 9536
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC-03133-2021

PROFORMA : 1491AC1 Fecha de emisión : 2021 - 04 - 07 Página : 1 de 2

1. SOLICITANTE : UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C.
 DIRECCIÓN : Cal.Peru Mza. X Lote. 13 Urb. Ttio Cusco-Cusco-Wanchaq

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA HIDRAULICA
 Marca : MATEST Capacidad Máxima : 50 kN / 5098.6 kgf
 Modelo : S205P106 División de Escala, d : 0,001 kN / 0,1 kgf
 N° Serie : S205P106/AZ/0001 Procedencia : Italia
 Código de Ident. : NO INDICA Ubicación : LABORATORIO
 Indicación : KN

3.- FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN.
 La calibración se realizó el día 24 de marzo del 2021 en las instalaciones de UNIVERSAL TESTING SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - UNITEST S.A.C.

4. MÉTODO.
 La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia la norma ASTM E-4 "Estandar Practices for force Verification of Testing machines"

5. TRAZABILIDAD.

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	CERTIFICADO DE CALIBRACION
Patrón de Referencia del DM-INACAL	Manómetro Digital 0 bar a 700 bar Clase de Exactitud 0,05	LFP-C-043-2020

6. CONDICIONES AMBIENTALES.

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	12,3 °C	12,3 °C
HUMEDAD RELATIVA	49,0 %	49,0 %

7. OBSERVACIONES.

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
 La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza de 95%.
 Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
 Verificar la indicación de cero del instrumento antes de cada medición.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP:0316



Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

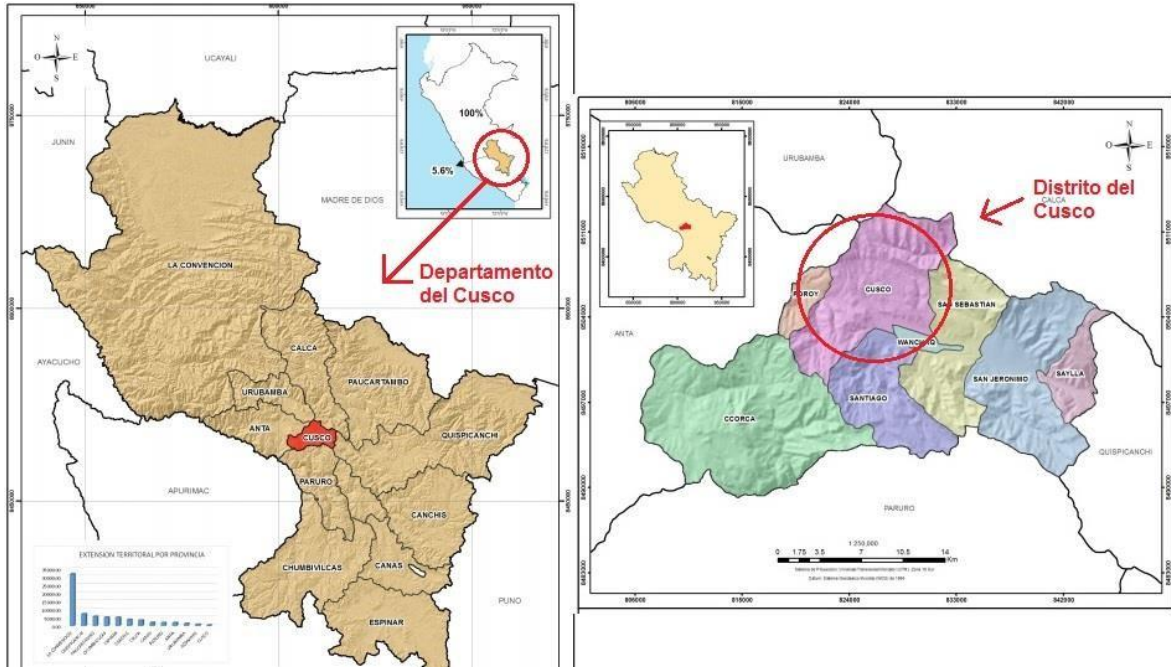
(01) 262 9536
(51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe
www.testcontrol.com.pe

Ing. Emilitano Alvarez Escalante
ING. CIVIL ESPECIALISTA
EN GEOTECNIA Y VIAS TERRESTRES
CIP: N° 184003

Anexo 9: Panel fotográfico.

Figura 1: Ubicación del proyecto.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 2. Extracción de la tierra para la elaboración de los adobes.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 3. Conformación de la cinta de barro.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 4. Medición de la cinta de barro.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 5. Conformación de las bolitas para determinar la presencia de arcilla.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 6. Prueba de la presencia de arcilla.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 7. Preparando las hojas de palmera



Figura 8. Lavado de las hojas y secado de las mismas



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 9. Lavado y secado de la muestra para el ensayo de granulometría.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 10. Secado de la muestra en el horno.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 11. Tamizado de la muestra para determinar su granulometría.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 12. Tamizando la muestra y verificación de su granulometría.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 13. Pesado de las muestras para determinar el contenido de humedad.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 14. Secado de las muestras para determinar el contenido de humedad.



Fuente: Elaboracion propia (2021)

Figura 15. Preparando la muestra y realización del ensayo del límite líquido.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 16. Realizando el ensayo del límite líquido.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 17. Elaboración de los bastoncillos.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 18. Colocación de los bastoncillos en las cazuelas.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 19. Preparación de la mezcla de barro.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 20. Mezcla de los insumos.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 21. Dosificación de la palmera e integración con el barro.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 22. Conformación de los adobes.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 23. Secado de los adobes.



Fuente: Elaboración propia (2021) **Figura 24.** Medición de las dimensiones para el ensayo de Variación dimensional.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 25. Medición de alabeo en las caras del adobe.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 26. Secado del adobe para el ensayo de absorción.



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 27. Pesado e inmersión del adobe



Figura 28. Ensayo de Resistencia a la compresión.

Fuente: Elaboración propia (2021)



Fuente: Elaboración Propia (2021)

Figura 29. Falla del adobe producto de la compresión.

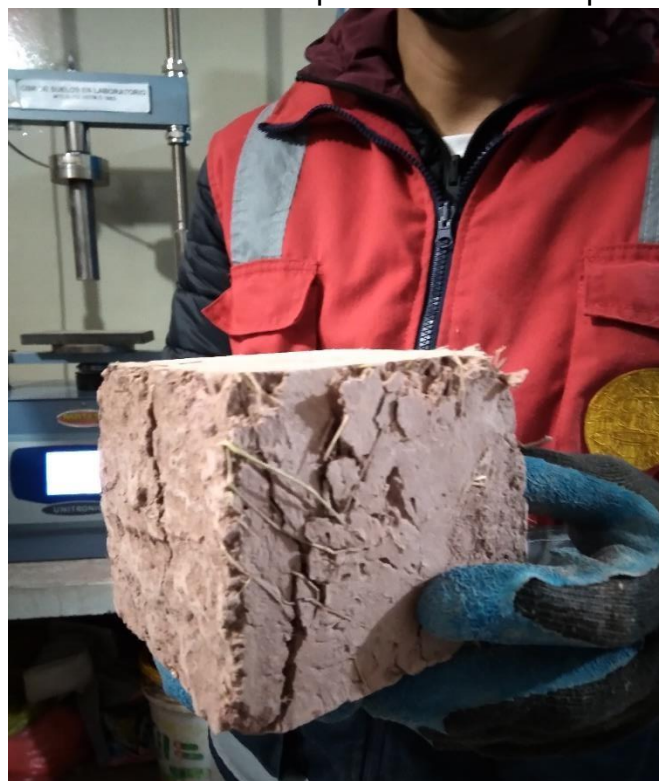


Figura 30. Ensayo de resistencia a la flexión.

Fuente: Elaboración propia (2021)



Fuente: Elaboración propia (2021)

Figura 31. Falla del adobe producido por el esfuerzo de flexión.



Fuente: Elaboración propia (2021)

**MINISTERIO DE VIVIENDA,
CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO**

NORMA E.080
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
CON TIERRA REFORZADA

ANEXO - RESOLUCIÓN MINISTERIAL
Nº 121-2017-VIVIENDA

NORMAS LEGALES

SEPARATA ESPECIAL

**ANEXO - RESOLUCIÓN MINISTERIAL
N° 121-2017-VIVIENDA**

(La Resolución Ministerial de la referencia se publicó en la edición del día jueves 5 de abril de 2017)

**NORMA E.080
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA**

ÍNDICE

**CAPÍTULO I
DISPOSICIONES GENERALES**

- Artículo 1.- Alcance.
- Artículo 2.- Objeto.
- Artículo 3.- Definiciones.

**CAPÍTULO II
CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TIERRA REFORZADA**

- Artículo 4.- Consideraciones básicas.
- Artículo 5.- Requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada.
- Artículo 6.- Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada.
- Artículo 7.- Sistema estructural para edificaciones de tierra reforzada.
- Artículo 8.- Esfuerzo de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio.
- Artículo 9.- Esfuerzos admisibles.
- Artículo 10.- Requisitos para las instalaciones eléctricas en edificaciones de tierra reforzada.
- Artículo 11.- Requisitos para las instalaciones sanitarias en edificaciones de tierra reforzada.

**CAPÍTULO III
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TAPIAL REFORZADO**

- Artículo 12.- Condiciones de la tierra a utilizar.
- Artículo 13.- Unidades de tapial y encofrado.
- Artículo 14.- Fabricación de la unidad de tapial.
- Artículo 15.- Protección de las hiladas de tapial.
- Artículo 16.- Reforzamiento.

**CAPÍTULO IV
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE ADOBE REFORZADO**

- Artículo 17.- Condiciones de la tierra a utilizar.
- Artículo 18.- Preparación del adobe.
- Artículo 19.- Preparación del mortero.
- Artículo 20.- Reforzamiento.

**CAPÍTULO V
OBRAS PATRIMONIALES DE TIERRA**

- Artículo 21.- Consideraciones para la intervención técnica en una obra patrimonial de tierra.

ANEXOS

- ANEXO N° 1 Prueba "Cinta de barro"
- ANEXO N° 2 Prueba "Presencia de arcilla o "Resistencia seca"
- ANEXO N° 3 Prueba "Contenido de humedad" para la construcción con tapial
- ANEXO N° 4 Prueba "Control de fisuras" o "Dosificación suelo-arena gruesa".
- ANEXO N° 5 Recomendaciones para las juntas de avance en la técnica del tapial reforzado.
- ANEXO N° 6 Recomendaciones para el ajuste de lazos verticales y horizontales para los refuerzos con mallas de sogas sintéticas.

CAPÍTULO I
DISPOSICIONES GENERALES

Artículo 1.- Alcance

- 1.1 La norma es de alcance nacional y su aplicación es obligatoria para la elaboración de materiales de construcción para edificaciones de tierra reforzada (adobe reforzado y tapial reforzado).
- 1.2 La norma se refiere a las características mecánicas de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, al diseño sismorresistente para edificaciones de tierra reforzada, a los elementos estructurales fundamentales de las edificaciones de tierra reforzada así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial, de acuerdo a la filosofía de diseño sismorresistente.

Las edificaciones de tierra deben ser construcciones reforzadas para conseguir el comportamiento siguiente:

- a) Durante sismos leves, las edificaciones de tierra reforzada pueden admitir la formación de fisuras en los muros.
- b) Durante sismos moderados, las edificaciones de tierra reforzadas pueden admitir fisuras más importantes, sin embargo están controladas por refuerzos, sin producir daños a los ocupantes. La estructura debe ser reparable con costos razonables.
- c) Durante la ocurrencia de sismos fuertes, se admite la posibilidad de daños estructurales más considerables, con fisuras y deformaciones permanentes, pero controladas por refuerzos. No deben ocurrir fallas frágiles y colapsos parciales o totales, que puedan significar consecuencias fatales para la vida de los ocupantes.

Las definiciones de sismo leve, sismo moderado y sismo fuerte corresponden a lo indicado en el artículo 3 de la presente Norma.

- 1.3 La norma se orienta al diseño, construcción, reparación y reforzamiento de edificaciones de tierra reforzada, inspirada en el desarrollo de una cultura de prevención de desastres y en la búsqueda de soluciones económicas, seguras, durables, confortables y de fácil difusión. Las estructuras existentes incluyen las obras patrimoniales de tierra.
- 1.4 Los proyectos elaborados con alcances distintos a los considerados en la presente Norma, deben estar respaldados con un estudio técnico firmado por un ingeniero colegiado y habilitado.

Artículo 2.- Objeto

- 2.1 Establecer requisitos y criterios técnicos de diseño y construcción para edificaciones de tierra reforzada.
- 2.2 Conferir seguridad sísmica a la construcción de edificaciones de tierra reforzada, mediante una filosofía de diseño que defina un comportamiento estructural adecuado.
- 2.3 Conceder durabilidad a las edificaciones de tierra reforzada frente a los fenómenos naturales y antrópicos.
- 2.4 Promover las características de la construcción de edificaciones de tierra reforzada, su accesibilidad, bajo costo, virtudes ecológicas y medio ambientales, bajo consumo energético aislamiento térmico y acústico, sus formas tradicionales y texturas rústicas.

Artículo 3.- Definiciones

Para efectos de la aplicación de la presente Norma se tiene en cuenta las definiciones siguientes:

1. **Aditivos naturales.** Materiales naturales como la paja y la arena gruesa, que controlan las fisuras que se producen durante el proceso de secado rápido.
2. **Adobe.** Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.
3. **Adobe (Técnica).** Técnica de construcción que utiliza muros de albañilería de adobes secos asentados con mortero de barro.
4. **Altura libre de muro.** Distancia vertical libre entre elementos de arriostre horizontales.
5. **Arcilla.** Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm).
6. **Arena fina.** Es un componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendido entre 0.08 mm y 0.50 mm. Como el limo puede contribuir a lograr una mayor compacidad del suelo, en ciertas circunstancias.
7. **Arena gruesa.** Es un componente inerte, estable en contacto con el agua, sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca comprendidas entre 0.6 mm y 4.75 mm (según Normas Técnicas Peruanas y/o las mallas N° 30 y N° 4 ASTM) que conforman la estructura granular resistente del barro en su proceso de secado. La adición de arena gruesa a suelos arcillosos, disminuye el número y espesor de las fisuras creadas en el proceso de secado, lo que significa un aumento de la resistencia del barro seco según se ha comprobado en el laboratorio.
8. **Arriostre.** Componente que impide significativamente el libre desplazamiento del borde de muro, considerándose un apoyo. El arriostre puede ser vertical (muro transversal o contrafuerte) u horizontal.
9. **Colapso.** Derrumbe súbito de muros o techos. Puede ser un derrumbe parcial o total.

10. **Contrafuerte.** Es un arriostre vertical construido con este único fin. De preferencia puede ser del mismo material o un material compatible (por ejemplo, piedra).
11. **Densidad de muros.** Cociente entre la suma de áreas transversales de los muros paralelos a cada eje principal de la planta de la construcción y el área total techada.
12. **Dormido.** Proceso de humedecimiento de la tierra ya zarandeada (cernida o tamizada para eliminar piedras y terrones), durante dos o más días, para activar la mayor cantidad de partículas de arcilla, antes de ser amasada con o sin paja para hacer adobes o morteros.
13. **Edificación de Tierra Reforzada.** Edificación compuesta de los siguientes componentes estructurales: cimentación (cimientamiento y sobrecimiento), muros, entrepisos y techos, arriostres (verticales y horizontales), refuerzos y conexiones.
Cada uno de los componentes debe diseñarse cumpliendo lo desarrollado en la presente Norma, para evitar el colapso parcial o total de sus muros y techos, logrando el objetivo fundamental de conceder seguridad de vida a los ocupantes. Estas edificaciones pueden ser de adobe reforzado o tapial reforzado.
14. **Esbeltez.** Relación entre las dimensiones del muro y su máximo espesor. Hay dos tipos de esbeltez de muros: i) La esbeltez vertical (A_v), que es la relación entre la altura libre del muro y su máximo espesor, y ii) La esbeltez horizontal (A_h), que es la relación entre el largo efectivo del muro y su espesor.
15. **Extremo libre de muro.** Es el borde vertical u horizontal no arriostrado de un muro.
16. **Fisura o grieta estructural.** Rajadura que se presenta en los muros de tierra producidas por cargas mayores a las que puede resistir el material, por gravedad, 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.
17. **Largo efectivo.** Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre.
18. **Limo.** Es un material componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendidos entre 0.002 mm y 0.08 mm.
19. **Mazo o pisón.** Dispositivo de madera utilizado en la técnica del tapial para compactar la tierra húmeda colocada entre los tableros (moldes o encofrados). Puede haber varios tipos de mazos: para los bordes, para el centro y para la superficie final de las capas. Su peso es de alrededor de 10 kgf.
20. **Mortero.** 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, mucílago de cactus, y otros comprobados).
21. **Muro.** Es un muro arriostrado cuya estabilidad lateral está confiada a elementos de arriostre horizontales y/o verticales y que incluye refuerzos.
22. **Prueba de campo.** Ensayo realizado sin herramientas a pie de obra o en laboratorio, basados en conocimientos comprobados en laboratorio a través de métodos rigurosos, que permite tomar decisiones de selección de canteras y dosificaciones.
23. **Prueba de laboratorio.** Ensayo de laboratorio que permite conocer las características mecánicas de la tierra, para diseñar y tomar decisiones de ingeniería.
24. **Refuerzos.** 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 el material tierra, es decir, flexibles y de baja dureza para no dañarlo, incluso durante las vibraciones que producen los sismos.
25. **Secado.** Proceso de evaporación del agua que existe en la tierra húmeda. El proceso debe controlarse para producir una evaporación muy lenta del agua, mientras la arcilla y barro se contraen y adquieren resistencia. Si la contracción es muy rápida, se producen fisuras.
26. **Sismo fuerte.** Igual o mayor a la intensidad VII de la Escala de Mercalli Modificada.
27. **Sismo leve.** Igual o menor a intensidad III de la Escala de Mercalli Modificada.
28. **Sismo moderado.** Entre las intensidades IV y VI de la Escala de Mercalli Modificada.
29. **Tableros para tapial.** Encofrados móviles normalmente de madera que se colocan paralelos y sujetos entre sí para resistir las fuerzas laterales propias de la compactación de la tierra.
30. **Tapial (Técnica).** Técnica de construcción que utiliza tierra húmeda vertida en moldes (tableros) firmes, para ser compactada por capas utilizando mazos o pisones de madera.
31. **Técnica mixta.** Utiliza además de la tierra uno o más materiales de construcción.
32. **Tierra.** Material de construcción compuesto de cuatro componentes básicos: arcilla, limo, arena fina y arena gruesa.
33. **Viga collar.** Componente estructural de uso obligatorio, que generalmente conectan a los entrepisos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano, actúan como elemento de arriostre horizontal.

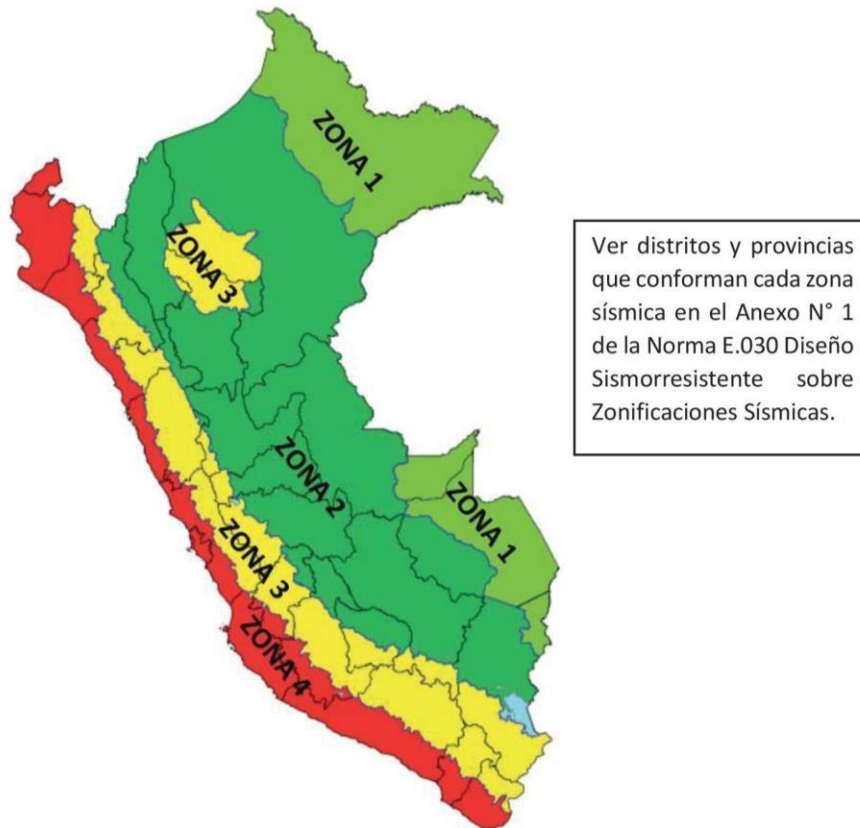
CAPÍTULO II

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TIERRA REFORZADA

Artículo 4.- Consideraciones básicas

- 4.1 Las edificaciones de tierra reforzada no deben ubicarse en zonas de alto riesgo de desastre, especialmente con peligros tales como: inundaciones, avalanchas, aluviones y huaycos. No se debe construir en suelos con inestabilidad geológica.
- 4.2 Las edificaciones de tierra reforzada deben ser de un piso en las zonas sísmicas 4 y 3, y hasta de dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1, según los distritos y provincias establecidos en el Anexo N° 1 de la Norma E.030 Diseño Sismorresistente sobre Zonificaciones Sísmicas, aprobado por Decreto Supremo N° 003-2016-VIVIENDA.

Figura 1. Mapa de Zonificación Sísmica, según Norma E.030 Diseño Sismorresistente



- 4.3 Las edificaciones de tierra reforzada deben cimentarse sobre suelos firmes y medianamente firmes de acuerdo con la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. No se cimenta sobre suelos granulares sueltos, cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Se prohíbe la cimentación en suelos de arenas sueltas que pueden saturarse de agua (riesgo de licuefacción de suelos).
- 4.4 El proyecto arquitectónico, eléctrico y sanitario de edificaciones de tierra reforzada debe concordarse con el proyecto estructural, cuyas características se señalan en la presente Norma.
- 4.5 El diseño estructural de las edificaciones de tierra reforzada deben estar basados en los siguientes criterios: resistencia, estabilidad y comportamiento sismorresistente (refuerzos compatibles) y es respaldado por el profesional responsable.
- 4.6 Los métodos de análisis deben estar basados en comportamientos elásticos del material, sin perjuicio que se puedan utilizar criterios de comportamiento inelástico.
- 4.7 Los métodos para obtener la aprobación de nuevas técnicas mixtas relacionadas con el material tierra, deben estar basados en estudios que demuestren su adecuado comportamiento sísmico en el estado de servicio y en el estado último, sin producir fallas frágiles o colapsos súbitos y en concordancia con la filosofía de diseño. Para su aprobación se pueden utilizar las siguientes alternativas:
- a) Verificación experimental de comportamiento sísmico mediante ensayos cíclicos, pseudo-dinámicos o dinámicos que incluyan claramente el rango de comportamiento último.
 - b) Diseño racional basado en principios de ingeniería aceptados, bajo responsabilidad del profesional.
 - c) Historia de servicio y comportamiento adecuado en sismos severos.

Artículo 5.- Requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada

- 5.1 **Tierra:** Debe verificarse que la tierra contenga adecuada presencia de arcilla mediante las pruebas indicadas en los Anexos N°s. 1 y 2 de la presente Norma. Asimismo, que se encuentre libre de cantidades perjudiciales de materia orgánica. Su resistencia debe cumplir lo indicado en:
- a) Artículo 8, inciso 8.1 o 8.2 (para tapial).
 - b) Artículo 8, inciso 8.1 o 8.2 y 8.3 (para adobe).
- 5.2 **Agua:** Debe cumplir las características siguientes:

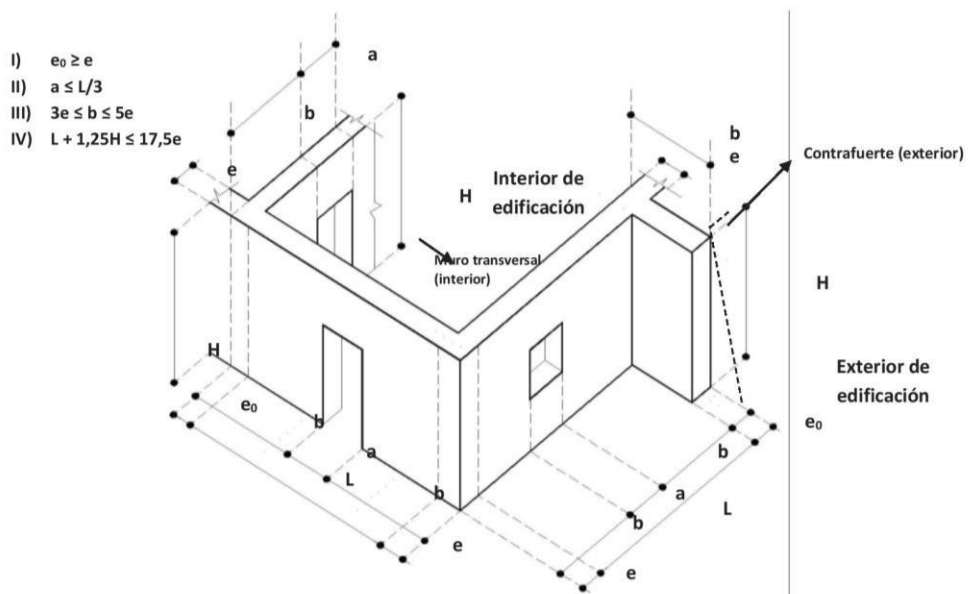
- a) Agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- b) Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.
- c) El agua de mar sólo puede emplearse si se cuenta con la autorización del ingeniero proyectista y del responsable de la supervisión.

Artículo 6.- Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada

Las edificaciones de tierra reforzada, deben cumplir con los siguientes criterios de configuración:

- 6.1 Muros anchos para su mayor resistencia y estabilidad frente al volteo. El espesor mínimo del muro es de 0.40 m. Solo para el tipo de muro indicado en el Esquema 3 de la Figura 4, puede utilizarse un espesor mínimo de 0.38 m según se muestra en el aparejo correspondiente.
- 6.2 Los muros deben tener arriostres horizontales (entrepisos y techos) así como arriostres verticales (contrafuerte o muros transversales) según la Figura 2.
- 6.3 La densidad de muros en la dirección de los ejes principales debe tener el valor mínimo indicado en la Tabla 2 - Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación. De ser posible, todos los muros deben ser portantes y arriostrados.
- 6.4 Tener una planta simétrica respecto a los ejes principales.
- 6.5 El espesor (e), densidad y altura libre de muros (H), la distancia entre arriostres verticales (L), el ancho de los vanos (a), así como los materiales y la técnica constructiva para la construcción de una edificación de tierra reforzada, deben ser aplicados de manera continua y homogénea. La Figura 2 establece los límites geométricos a ser cumplidos.
- 6.6 Los vanos deben tener las proporciones y ubicación de acuerdo a lo indicado en la Figura 2. Así mismo, se recomienda que sean pequeños y centrados.

Figura 2. Límites Geométricos de muros y vanos



Nota 1: Cada arrioste vertical (contrafuerte o muro transversal) puede construirse hacia el interior o hacia el exterior de la edificación, según el criterio del proyectista.

Nota 2: La expresión IV relaciona la esbeltez vertical ($\lambda_v = H/e$) con la esbeltez horizontal ($\lambda_h = L/e$), de modo que se debe cumplir la expresión: $\lambda_h + 1,25 \lambda_v \leq 17,5$.

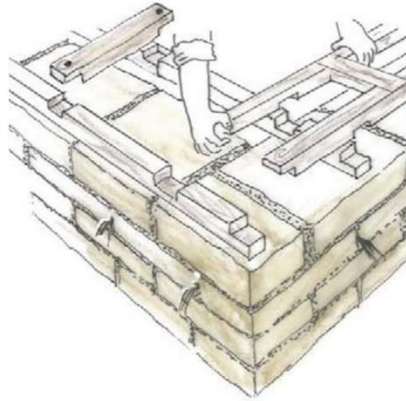
Nota 3: Los muros en general deben tener una esbeltez vertical (λ_v) igual o menor a 6 veces el espesor del muro y una esbeltez horizontal (λ_h) igual o menor a 10 veces el espesor del muro.

La esbeltez vertical puede llegar a un máximo 8, si se cumple la Nota 2.

Nota 4: El contrafuerte puede ser recto o trapezoidal. En caso tenga forma trapezoidal, ver línea segmentada en contrafuerte (exterior) su base o parte inferior debe medir "b" y la parte superior (que sobresale del muro) debe medir como mínimo "b/3".

- 6.7 Tener como mínimo una viga collar en la parte superior de cada muro fijada entre sí, así como a los refuerzos, y construidos con un material compatible con la tierra reforzada (madera, caña u otros).

Figura 3. Ejemplo esquemático de un tipo de Viga Collar



6.8 Cálculo de las fuerzas sísmicas horizontales

La fuerza sísmica horizontal en la base de las edificaciones de tierra reforzada se determina mediante la siguiente expresión:

$$H=S.U.C.P$$

Donde:

S = Factor de suelo según lo indicado en la Tabla N° 1.

U = Factor de uso según lo indicado en la Tabla N° 2.

C = Coeficiente sísmico según lo indicado en la Tabla N° 3.

P = Peso total de la edificación, incluyendo carga muerta y el 50 % de la carga viva.

Tabla N° 1
Factor de suelo (S)

Tipo	Descripción	Factor de suelo (S)
I	Rocas o suelos muy resistentes con capacidad portante admisible > 0.3 MPa ó 3.06 kg.f/cm ²	1,0
II	Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible > 0.1 Mpa ó 1.02kg.f/cm ²	1,4

Tabla N° 2
Factor de uso (U) y densidad según tipo de edificación

Tipo de Edificaciones	Factor de Uso (U)	Densidad
NT A.030 Hospedaje NT A.040 Educación NT A.050 Salud NT A.090 Servicios comunales NT A.100 Recreación y deportes NT A.110 Transporte y Comunicaciones	1,4	15%
NT A.060 Industria NT A.070 Comercio NT A.080 Oficinas	1,2	12%
Vivienda: Unifamiliar y Multifamiliar Tipo Quinta	1,0	8%

Tabla N° 3
Coeficiente sísmico por zona sísmica para edificaciones de tierra reforzada

Zona Sísmica	Coeficiente Sísmico (C)
4	0,25
3	0,20
2	0,15
1	0,10

6.9 Se debe evitar el deterioro de las edificaciones de tierra reforzada, causadas por el viento, la lluvia y la humedad, protegiéndolas a través de:

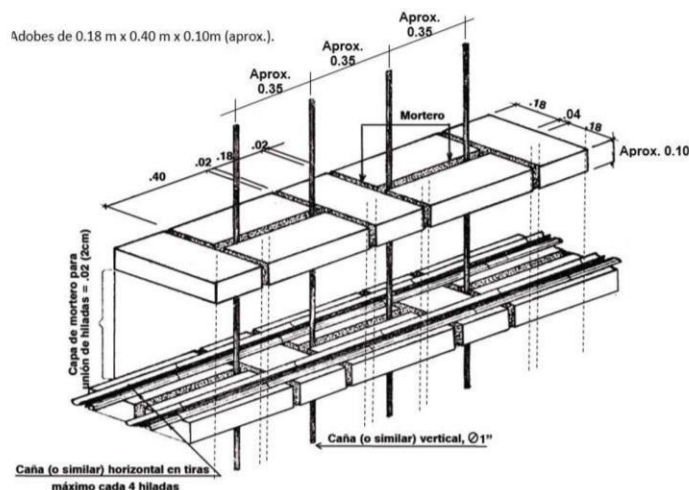
- Cimientos y sobrecimientos que eviten el humedecimiento del muro.
- Recubrimientos, revestimientos o enlucidos que los protejan de la lluvia, humedad y viento, y que permitan la evaporación de la humedad del muro.
- Aleros en el techo que protejan el muro de cualquier contacto con la lluvia. En las zonas bioclimáticas: N°3 Interandino, N°4 Mesoandino, N°5 Altoandino, N°6 Nevado, N° 7 Ceja de montaña, N°8 Subtropical húmedo, N°9 Tropical húmedo, indicadas en la Norma EM.110 Confort Térmico Lumínico con Eficiencia Energética, se usan aleros no menores de 1 metro de voladizo, adecuadamente anclados y con peso suficiente para no ser levantados por el viento.
- Veredas perimetrales con pendiente hacia el exterior de la edificación y que permitan la evacuación y evaporación del agua.
- Sistemas de drenaje adecuado (material granular suelto tipo piedras y gravas, con pendiente y colector inferior, evacuador de agua).
- En patios interiores, terrazas y otros espacios abiertos se asegura la evacuación y evaporación del agua o humedad depositada en el suelo o piso.

6.10 Para los refuerzos se debe tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- Los muros y contrafuertes de las edificaciones de tierra reforzada deben tener refuerzos.
- En caso que los refuerzos sean externos a los muros o contrafuertes deben estar embudidos en el enlucido.
- No deben usarse refuerzos en una sola dirección, pues no logran controlar los desplazamientos y pueden sufrir colapsos parciales. Deben usarse refuerzos en dos direcciones (horizontales y verticales).
- En todos los casos, el refuerzo horizontal coincide con los niveles inferior y superior de los vanos.
- Los elementos que conforman los entrepisos o techos de las edificaciones de tierra reforzada, deben estar adecuadamente fijados al muro mediante una viga collar. El refuerzo debe fijarse desde la base del sobrecimiento a la viga collar.
- En caso se utilice refuerzos de tipo vegetal, geomallas, dinteles y/o mallas de sogas sintéticas, debe considerarse, según sea el caso, como mínimo lo siguiente:
 - Caña carrizo (hueca) o caña brava (sólida), completas, de 25 mm de diámetro aproximado como refuerzo vertical y chancadas tipo carrizo o guadua angustifolia (sin dañarlas) como refuerzo horizontal.
 - Madera en rollizos o aserrada con diámetros igual o mayores a 25 mm como refuerzo vertical externo y sogas naturales (cabuya o sisal) de mínimo 6 mm de diámetro como refuerzo horizontal externo.
 - Ramas trenzadas de fibra vegetal, en paquetes de diámetros de 25 mm como refuerzo vertical externo y ramas sueltas trenzadas o sogas como refuerzo horizontal externo, con diámetros mayores a 6 mm.
 - Sogas de cabuya, sisal o fibras naturales trenzadas formando mallas ortogonales externas, cumpliendo lo especificado en el inciso i, numeral 6.10 del artículo 6 del Capítulo II).
 - Cualquier combinación racional de las anteriores.
 - Las conexiones de los elementos verticales y horizontales se realizan con cuerdas de nylon o sogas sintéticas, utilizando nudo llano (ver Anexo N°6, inciso 6.1: Nudos para refuerzos).

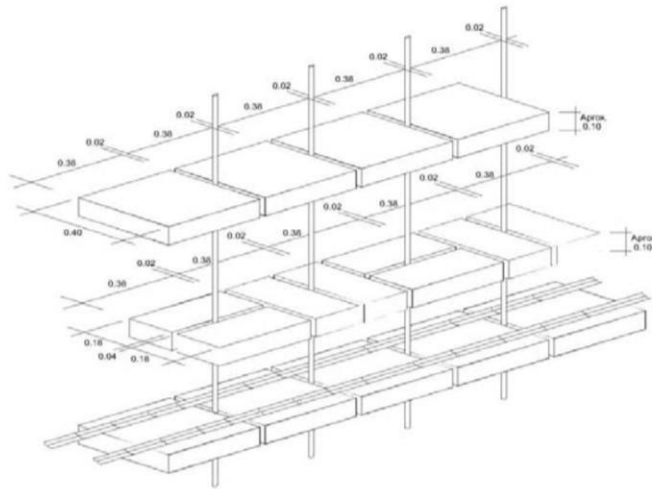
Figura 4: Esquemas de refuerzo con caña para adobe

Esquema 1



Nota: Se recomienda colocar refuerzos de cañas (o similares) horizontales cada cuatro hiladas en el tercio inferior de la altura del muro (sea la edificación de 1 o 2 pisos), cada tres hiladas en el tercio central y cada dos hiladas en el tercio superior. Como máximo, cada cuatro hiladas.

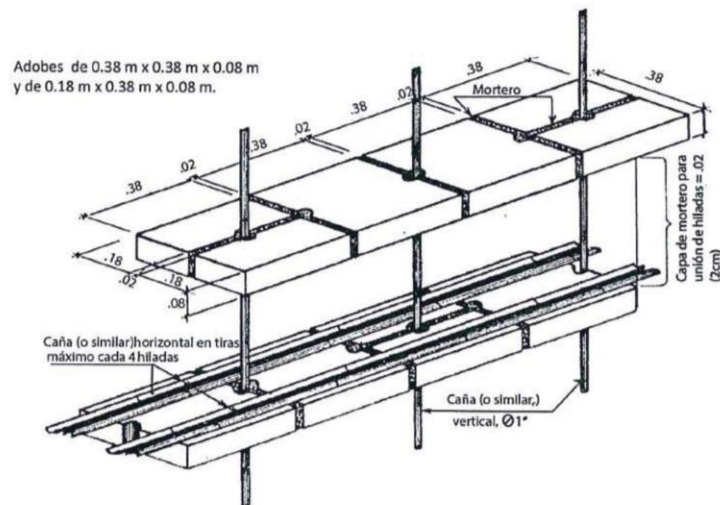
Esquema 2



Para Adobes de 0.38 m x 0.40 m x 0.10 m (aprox.) y de 0.18 m x 0.38 m x 0.10 m. (aprox.)

Nota: Colocar refuerzos de cañas (o similares) horizontales cada cuatro hiladas en el tercio inferior de la altura del muro (sea la edificación de 1 o 2 pisos), cada tres hiladas en el tercio central y cada dos hiladas en el tercio superior. Como máximo, cada cuatro hiladas.

Esquema 3



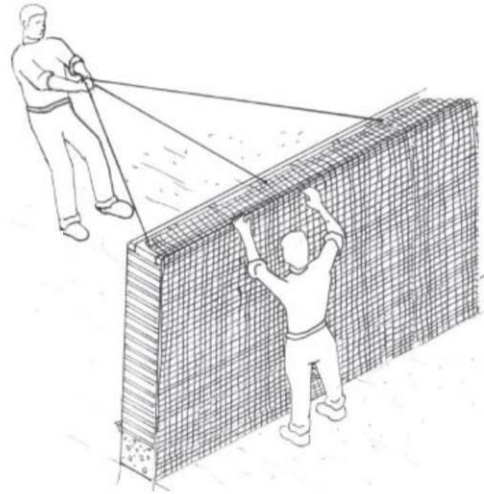
Nota: Colocar refuerzos de cañas (o similares) horizontales cada cuatro hiladas en el tercio inferior de la altura del muro (sea la edificación de 1 o 2 pisos), cada tres hiladas en el tercio central y cada dos hiladas en el tercio superior. Como máximo, cada cuatro hiladas.

- g) En caso se utilice refuerzo de mallas sintéticas de nudos integrados (geomallas), el refuerzo debe ser externo y embutido en el enlucido. La geomalla, constituida por material sintético, debe reunir las características necesarias para ser usada como refuerzo de edificaciones de tierra, tales como:
- i. Conformación de retícula rectangular o cuadrada, con o sin diagonales interiores, con abertura máxima de 50 mm. y nudos integrados.
 - ii. Capacidad mínima de tracción de 3,5 kN/m, (356.9 kgf/m) en ambas direcciones, para una elongación de 2%.
 - iii. Flexibilidad y durabilidad para su uso como refuerzo embutido en tierra.
 - iv. Consideraciones de uso:
 - Los muros portantes y no portantes, incluyendo los vanos, deben envolverse con las geomallas, tensándolas uniformemente. Deben conectarse las geomallas de ambas caras de los muros con cuerdas sintéticas, con una separación máxima de 0.30 m.

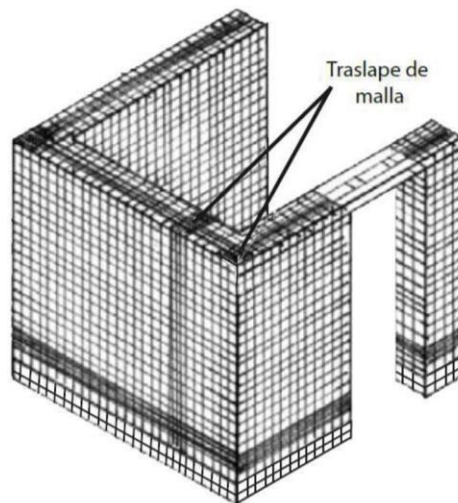
- La geomalla debe estar convenientemente anclada a la base del sobrecimiento y a la viga collar superior.
- El uso de otro tipo de mallas, sólo es permitido si acredita su capacidad sismorresistente en ensayos cíclicos a escala natural.

Figura 5: Esquema de colocación de refuerzo con geomalla

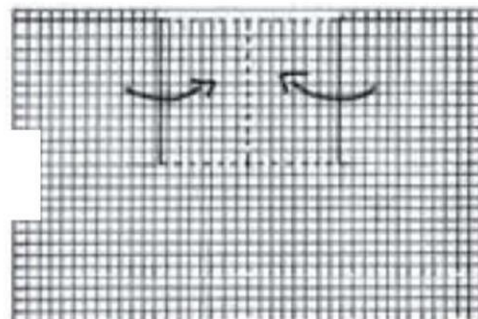
1. Colocación de mallas



2. Traslape de mallas.



3. Cortes de mallas en ventanas o puertas.



- h) En caso se utilice refuerzos de dinteles, se deben utilizar dinteles flexibles (por ejemplo, paquetes de caña o madera delgada en rollizos, amarradas por cordones o sogas) y amarrarlos a la viga collar.
 - i) En caso se utilice refuerzos con mallas de sogas sintéticas (driza blanca o similar) se debe tener las consideraciones siguientes:
 - i. Utilizar diámetros de sogas sintéticas igual o mayores a 5/32" (3.97 mm), salvo las sogas para unir las mallas de ambas caras del muro, cuyo diámetro debe ser mínimo de 1/8" (3.17 mm).
 - ii. Las mallas de refuerzo deben ser externas al muro y embutidas en el enlucido del mismo, lo que también sirve para la consolidación de construcciones existentes.
 - iii. Las mallas deben conformarse mediante lazos verticales y horizontales que confinen (envuelvan) el muro. Los lazos de confinamiento vertical deben estar convenientemente anclados a la cimentación y a la viga collar superior.
 - iv. Las mallas de cada cara del muro deben unirse en cada intersección de los lazos según lo indicado en el Anexo N°6, inciso 6.1: Nudos para refuerzos, o mediante un método similar comprobado.
 - v. La separación entre las sogas horizontales debe ser menor a 0.40m en promedio para el tercio inferior a la altura del muro (sea la edificación de uno o dos pisos). Debe ser de 0.30m en promedio para el tercio central y de 0.20m en promedio para el tercio superior (sin coincidir con la junta horizontal). La separación entre las sogas verticales debe ser menor a 0.40m.
 - vi. El refuerzo horizontal debe coincidir con los niveles inferior y superior de los vanos.
- 6.11 En caso se desee aplicar lineamientos técnicos diferentes a los indicados en el Capítulo II, artículo 6. Criterios de configuración de las edificaciones de tierra reforzada, se debe sustentar la propuesta mediante métodos racionales y/o experimentales.

Artículo 7.- Sistema estructural para edificaciones de tierra reforzada

El sistema estructural para las edificaciones de tierra debe comprender los componentes siguientes:

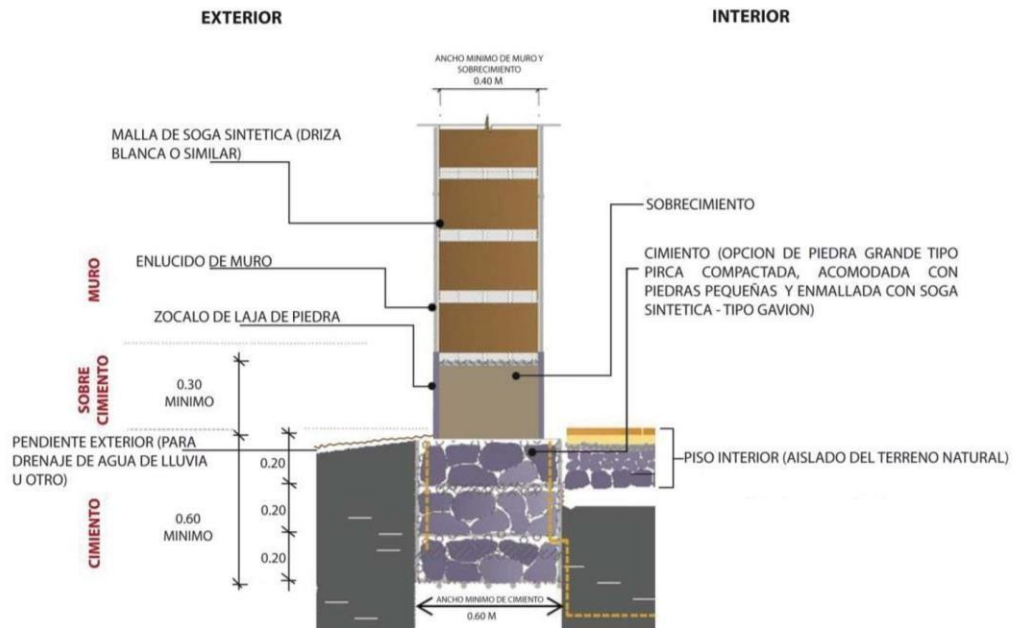
7.1 Cimentación

- a) El cimiento debe cumplir dos condiciones:
 - i. Transmitir las cargas hasta un suelo firme de acuerdo a lo indicado por la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones.
 - ii. Evitar que la humedad ascienda hacia los muros de tierra.
- b) Cumpliendo las condiciones anteriormente mencionadas, todo cimiento debe tener una profundidad mínima de 0.60 m. (medida a partir del terreno natural) y un ancho mínimo de 0.60 m.
- c) Se puede utilizar los tipos de cimentación siguientes:
 - i. Piedra grande tipo pirca compactada, acomodada con piedras pequeñas.
 - ii. Concreto Ciclópeo.
 - iii. Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa.

7.2 Sobrecimiento

- a) El sobrecimiento debe cumplir dos condiciones:
 - i. Debe transmitir las cargas hasta el cimiento.
 - ii. Debe proteger el muro ante la acción de la erosión y la ascensión capilar.
- b) Cumpliendo tales condiciones, todo sobrecimiento debe elevarse sobre el nivel del terreno no menos de 0.30 metros y tener un ancho mínimo de 0.40 metros.
- c) Se pueden utilizar los tipos de sobrecimiento siguientes:
 - i. Albañilería de piedra con mortero de cemento o cal y arena gruesa
 - ii. Concreto ciclópeo

Figura 6. Esquema de cimentación



7.3 Muros

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.

Los tímpanos deben ser del material similar al usado en los techos (madera, caña, fibra vegetal, entre otros) para que sean ligeros, más estables y fácilmente conectables con los techos.

Es posible utilizar muros curvos o muros para plantas poligonales, lo cual podría significar formas de adobe especial; si se usan adobes cuadrados o rectangulares, las juntas verticales no deben exceder de 30 mm en su parte más ancha. En la técnica del tapial se puede utilizar moldes circulares.

- Todos los muros curvos deben ser igualmente reforzados como el caso de los muros rectos y deben tener viga collar superior curva o poligonal.
- Los muros con radios mayores a 3.00 m. se deben considerar como muros rectos para la colocación y distanciamiento de arriostres verticales, así como limitaciones de esbelteces, según lo indicado en la presente Norma.
- Para radios comprendidos entre 1.25 m y 3.00 m, deben existir muros transversales o arriostres verticales cada 12e del muro como máximo (es decir, doce veces el espesor del muro como máximo) y la esbeltez vertical (h/e) no debe ser mayor a 10.
- Los muros con radios menores a 1.25 m, no requieren limitaciones de arriostres verticales.

7.3.1 Criterios para el diseño de muros basado en la resistencia

- El diseño de muros basado en la resistencia, debe considerar el área resistente de muros frente a la fuerza sísmica horizontal en su plano, teniendo en cuenta las consideraciones siguientes:
 - Las construcciones de tierra normalmente no tienen diafragmas horizontales rígidos a nivel de los techos y por tanto los desplazamientos de los muros paralelos son independientes.
 - Calculadas las áreas tributarias asociadas a cada muro, en cada nivel si es el caso, es posible calcular fuerzas horizontales de diseño. Estas no deben sobrepasar los esfuerzos resistentes admisibles de corte en ellos (Ver Capítulo II, artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio).
 - Para estos efectos, al área transversal del muro (largo por espesor), se puede añadir una fracción de los muros transversales o de arriostre, se trate de encuentros en "T" o en "L", en ambos extremos del muro. Esta área adicional no debe ser mayor al 20 % del área del muro.
- El diseño sísmico de muros en la dirección perpendicular a su plano.
 - De acuerdo al número de apoyos de cada muro, que es función de los arriostres verticales, se calcula el esfuerzo de flexión del muro producido por fuerzas sísmicas perpendiculares a su plano considerando

el comportamiento elástico del material tierra. Dichos esfuerzos no deben sobrepasar los esfuerzos admisibles a tracción por flexión (Ver Capítulo II, artículo 8: Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio).

- ii. La viga collar tiene como misión mantener conectados los muros entre sí durante un sismo, pero no debe considerarse como un apoyo para los muros salvo que exista un diafragma de entrepiso de madera o una estructura horizontal especial. Por tanto, en general los muros deben tener dos o tres apoyos, considerando también el piso.

7.3.2 Criterios para el diseño de muros basado en la estabilidad

El diseño de muros basado en la estabilidad, debe respetar los límites de grosor, esbeltez vertical y esbeltez horizontal, altura máxima, distancia entre arriostres verticales, aberturas, indicados en esta norma. Ver Figura 2.

7.3.3 Criterios para el diseño de muros basado en el desempeño

En el diseño de muros basado en el desempeño, debe colocarse refuerzos en las conexiones, viga collar superior, dinteles flexibles, refuerzos ortogonales en muros (Ver Capítulo II, artículo 6, inciso 6.10).

7.4 Entrepisos y techos

- a) Los techos deben ser livianos, distribuyendo su carga en la mayor cantidad posible de muros, evitando concentraciones de esfuerzos en los muros. Además, deben estar adecuadamente fijados a los muros a través de la viga solera.
- b) Deben estar contruidos mediante entramados de madera, caña o fibras vegetales, o tijerales, o diseñados para resistir las cargas verticales y para transmitir las cargas horizontales (sísmicas) a todos los muros, a través de las vigas collares superiores.
- c) Los tijerales no deben crear empujes horizontales a los muros. Para evitarlo, debe utilizarse tensores horizontales inferiores.
- d) Se debe lograr que un techo plano actúe como un diafragma rígido añadiéndole elementos diagonales en el plano. Si el techo no es un diafragma rígido, no se le puede considerar apoyo superior de los muros, para el diseño de éstos.
- e) Los techos pueden ser inclinados (una o varias aguas).
- f) En el diseño de los techos se debe considerar las pendientes, las características de impermeabilidad, aislamiento térmico y longitud de los aleros de acuerdo a las condiciones climáticas de cada lugar.
- g) En el caso de utilizar tijerales, el sistema estructural del techo debe garantizar la estabilidad lateral de los tijerales.

7.5 Arriostres

Para que un muro se considere arriostreado debe existir suficiente adherencia o anclaje entre éste y sus elementos de arriostre. Para garantizar una adecuada transferencia de esfuerzos, los elementos de arriostre deben ser horizontales y verticales.

- a) Arriostres horizontales
 - i. Son elementos o conjunto de elementos que deben poseer una rigidez suficiente en el plano horizontal para impedir el libre desplazamiento lateral de los muros.
 - ii. Los elementos de arriostre horizontal más comunes son los pisos y entrepisos de madera con elementos diagonales, se deben diseñar como apoyos del muro arriostreado, considerándose al muro como una losa vertical sujeto a fuerzas horizontales perpendiculares a éste.
 - iii. Se debe garantizar la adecuada transferencia de esfuerzos entre el muro y sus arriostres, los que deben conformar un sistema continuo e integrado.
- b) Arriostres verticales

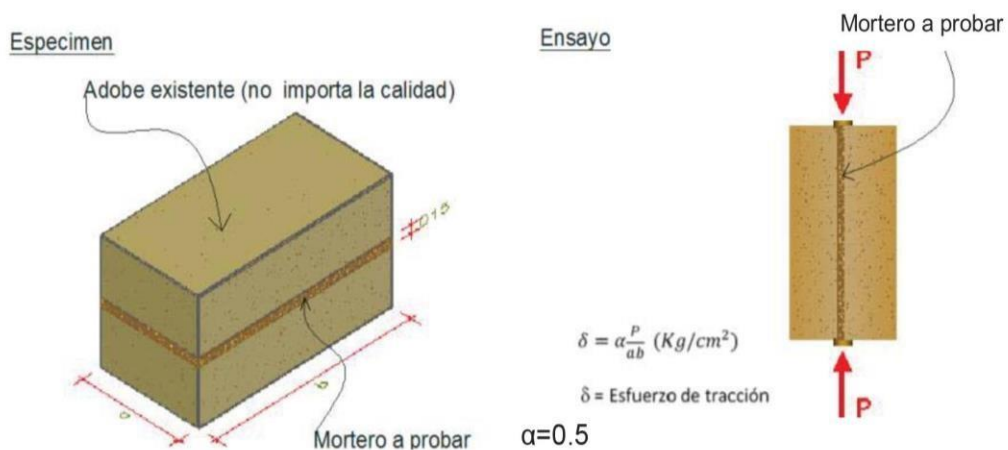
Los arriostres verticales son muros transversales o contrafuertes especialmente diseñados, que deben tener una adecuada resistencia y estabilidad para transmitir fuerzas cortantes a la cimentación. Para que un muro o contrafuerte se considere como arriostre vertical debe cumplir con lo indicado en la Figura 2.

7.6 Refuerzos y conexiones

- a) La conexión entre el muro y la cimentación, debe realizarse uniendo las mallas de refuerzo de los muros al sobrecimiento.
- b) La conexión entre el muro y el techo, debe realizarse amarrando los muros y vigas collares con las mallas de refuerzo de los muros y luego clavando o amarrando las vigas collares a las vigas principales o tijerales del techo.
- c) Los refuerzos deben cumplir lo indicado en el numeral 6.10 del artículo 6.

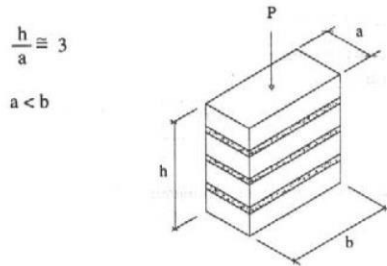
Artículo 8.- Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio.

- 8.1 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la compresión (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente:
- La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.
 - La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $f_c = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$
 - Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.
 - En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidas en moldes de 0.1 x 0.1 x 0.15 m. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso.
- 8.2 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la tracción, se realiza conforme al procedimiento siguiente:
- La resistencia se debe medir mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6" x 12" o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo.
 - La resistencia última es de 0.08MPa = 0.81 kgf/cm².
 - Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y 10 % a 15 % para control de tapial, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.
- 8.3 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del mortero a la tracción, se realiza conforme al procedimiento siguiente:
- La resistencia se debe medir mediante el ensayo de morteros a tracción indirecta, en probetas de dos adobes unidos por mortero de barro con o sin aditivos naturales, sujetos a compresión de manera similar al ensayo brasileño.
 - La resistencia última es de 0.012 MPa = 0.12 kgf/cm².
 - Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

Figura 7. Ensayo de resistencia del mortero a la tracción

- 8.4 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del murete a la compresión, se realiza conforme al procedimiento siguiente:
- La resistencia última es de 0.6 MPa = 6.12 kgf/cm².
 - El ensayo de compresión en muretes de adobe o tapial de altura igual a tres veces la menor dimensión de la base (aproximadamente).
 - Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

Figura 8. Ensayo de Compresión. Muretes de adobe o tapial



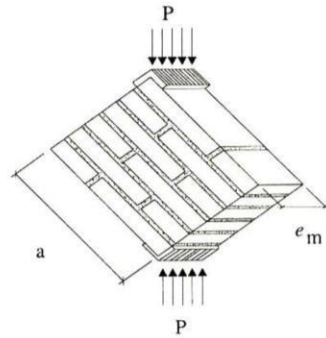
$$f_m' = \text{Esfuerzo de compresión admisible del murete} = P / a \times b \quad f_m' = 0,40 f_m'$$

$$\text{Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento} = 1,25 f_m'$$

8.5 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del murete a la tracción indirecta, se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- La resistencia última es de 0.025 MPa = 0.25kgf/cm².
- El ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta de muretes de adobe o tapial de aproximadamente 0,65 m. x 0.65 m. x e_m.
- Se debe cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada, después de 28 días de secado.

Figura 9. Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta



$$f_t' = \frac{P}{2ae_m}$$

$$\text{Esfuerzo admisible de corte } v_m = 0,4 f_t'$$

- La resistencia de muros a tracción por flexión, tiene una resistencia última¹ 0.14 MPa = 1.42 kgf/cm².
- Mientras no se cuente con resultados de ensayos experimentales para el módulo de elasticidad de los muros de tierra, se usa el valor de 200 MPa = 2040 kgf/cm².
- Para la resistencia de las cañas, se considera:
 - Guadua: Resistencia última 100 MPa = 1020 kgf/cm².
 - Carrizo o Caña Brava: Resistencia última 40 MPa = 408 kgf/cm².
- Para la resistencia de las sogas sintéticas (drizas), la resistencia última es de 120 MPa = 1200 kgf/cm².

Se debe cumplir que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada. La resistencia se calcula como el cociente entre la fuerza de rotura del ensayo a tracción y el área transversal, considerando el diámetro nominal de la driza. El diámetro nominal es el nombre por el cual se define a la driza.

El valor indicado de la resistencia corresponde a las drizas de color blanco. Se pueden utilizar drizas de otros colores considerando dos drizas de colores para remplazar una driza blanca.

El coeficiente de seguridad de las drizas debe ser de 2.5 para considerar cargas admisibles.

Artículo 9.- Esfuerzos admisibles

Los esfuerzos admisibles se deben calcular tomando un coeficiente de seguridad de 2.5 por variación de calidad en material, calidad de ejecución y evaluación de las cargas. En caso de no realizar los ensayos de laboratorio se considera un coeficiente de seguridad de 3.

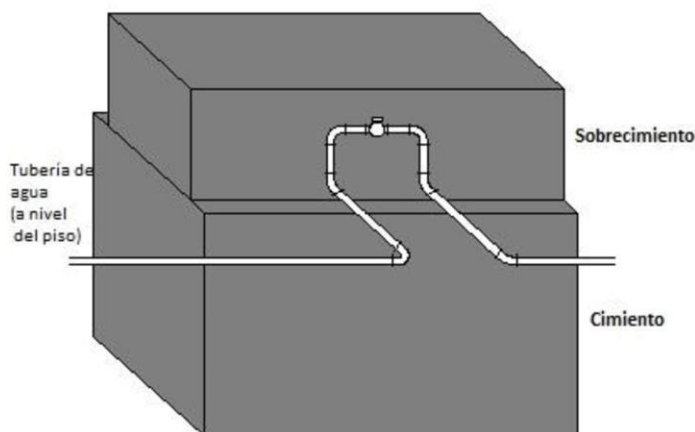
¹ La resistencia última de muros a tracción por flexión no está normalizada para ensayos de laboratorio. Para diseño de muros de tierra a flexión se puede considerar el valor indicado.

Artículo 10.- Requisitos para las instalaciones eléctricas en edificaciones de tierra reforzada

- 10.1 En las instalaciones eléctricas al exterior de la edificación, como los postes de soporte en la vía o espacio público deben estar bien cimentados y ser rígidos.
- 10.2 En las instalaciones eléctricas al interior de la edificación, se considera lo siguiente:
- Los cables deben estar protegidos mediante fundas tipo tuberías o canaletas (de madera o material sintético no inflamable).
 - Las tuberías y/o canaletas de los cables no deben estar embudidos en la pared o enlucido. Sólo en los casos de trayectorias verticales en muros, la tubería o canaleta puede quedar a ras, semiembutida entre el enlucido final y la malla de refuerzo si fuera el caso, y ser fácilmente localizable, para evitar accidentes en futuros clavados externos (cuadros, perchas, etc.).
 - Las tuberías, canaletas u otro elemento de la instalación eléctrica no deben fijarse directamente a la pared de tierra sino a vigas o marcos de madera (por ejemplo, a través de clavos o pernos).
 - Los interruptores y los tomacorrientes deben ser exteriores o semiembutidos en los muros (entre el enlucido final y la malla de refuerzo, si fuera el caso), pero deben fijarse en marcos, zócalos o piezas de madera.

Artículo 11.- Requisitos para las instalaciones sanitarias en edificaciones de tierra reforzada

- 11.1 Los ambientes que incluyen instalaciones sanitarias, deben tener pisos inclinados con rejilla colectora y desagüe hacia el exterior.
- 11.2 El muro debe protegerse con zócalos, contra zócalos o similares revestimientos en las partes que puedan humedecerse por salpicar agua producto del uso normal.
- 11.3 Las áreas húmedas de los servicios higiénicos, cocina y lavandería deben estar separadas y aisladas de los muros de tierra reforzada mediante paneles sanitarios (bastidores de madera, caña, ladrillo, piedra u otro material conveniente) enchapados adecuadamente (con tejas planas de madera, piso con baldosas, cortinas o forros impermeables, entre otros).
- 11.4 No deben ubicar instalaciones sanitarias dentro de los muros de tierra. Los tramos horizontales pueden ir empotrados en el piso (primer nivel) o colgados del entrepiso. Los tramos verticales deben ir adosados y aislados del muro. En caso de montantes deben ir en ductos.
- 11.5 Las válvulas deben instalarse en el sobrecimiento, si es necesario éste debe tener mayor altura como se indica en la Figura 10.

Figura 10: Esquema de la posición en la instalación de las válvulas

CAPÍTULO III
CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE TAPIAL REFORZADO

Artículo 12.- Condiciones de la tierra a utilizar

Se debe validar las características de la tierra a utilizar para construir con tapial, en el siguiente orden:

- Suficiente presencia de arcilla, mediante las pruebas indicadas en el Anexo N° 1: Prueba "Cinta de barro" y Anexo 2: Prueba "Presencia de Arcilla" o "Resistencia seca".
- Equilibrio de arcilla y arena gruesa, mediante la prueba indicada en el Anexo 4: Prueba de "Control de Fisuras" o "Dosificación con suelo-arena Gruesa".
- Máximo contenido de humedad, mediante la prueba indicada en el Anexo N° 3: Prueba "Contenido de humedad" para la construcción con tapial.

- 12.4 En los suelos arcillosos se debe usar paja de aproximadamente 50 mm de largo en proporción de 1 volumen de paja por 5 de tierra, lo que ayuda al control de fisuras y resistencia. Esta proporción debe ser verificada en el inicio de la obra para evitar el rebote del mazo durante la compactación.
- 12.5 Su resistencia debe cumplir lo indicado en el numeral 8.1 u 8.2 del artículo 8.

Artículo 13.- Unidades de tapial y encofrado

Las unidades de tapial deben tener las siguientes dimensiones: ancho mínimo: 0.40 m., altura máxima: 0.60 m, longitud máxima: 1.50 m y el espesor mínimo de la madera de encofrado debe ser de 20 mm, con refuerzos exteriores horizontales y verticales, para evitar deformaciones excesivas.

Artículo 14.- Fabricación de la unidad de tapial

Cada unidad de tapial se debe fabricar en capas de tierra de 0.15 m. de altura máxima, compactándolas hasta llegar a una altura de 0.10 m. aproximadamente (por cada capa), siguiendo el procedimiento siguiente:

- a) La compactación se realiza con un mazo de madera de alrededor de 10 kgf.
- b) Una vez finalizada la compactación de todas las capas que conforman la unidad de tapial, ésta se debe picar en la cara superior de la última capa (superficie endurecida) un máximo de 0.01 m (un centímetro) e inmediatamente se debe de humedecer la misma antes de empezar con el vertido de la primera capa de tierra de la siguiente unidad de tapial.
- c) Las juntas de avance de las unidades para conformar las hiladas deben realizarse inclinadas (pendiente cercana a 45° según lo indicado en el Anexo N° 5: Recomendaciones para las juntas de avance en la técnica del tapial reforzado).

Artículo 15.- Protección de las hiladas de tapial

Para proteger las hiladas de tapial, se toman las consideraciones siguientes:

- 15.1 Es necesario un secado lento para evitar la fisuración.
- 15.2 Se recomienda retirar los encofrados de cada hilada luego de siete días de haber finalizado todo el apisonado (no menor a tres días).
- 15.3 Cubrir la hilada en trabajo y la hilada anterior con paños húmedos (yute o similares) al menos por siete días adicionales.
- 15.4 Las hiladas finalizadas, deben protegerse de la exposición directa a los rayos del sol y del viento (por ejemplo, mediante castillos temporales de esteras o mantas), para un secado lento, manteniendo la humedad y evitando el agrietamiento.
- 15.5 No se debe construir en época de lluvia.

Artículo 16.- Reforzamiento

Las edificaciones de Tapial reforzado deben cumplir con lo indicado en el artículo 6 de la presente Norma.

CAPÍTULO IV CONSTRUCCIÓN DE EDIFICACIONES DE ADOBE REFORZADO

Artículo 17.- Condiciones de la tierra a utilizar

- 17.1 Una vez comprobada la presencia de arcilla de un suelo mediante la prueba "Cinta de barro" (ver Anexo N°1) y la prueba "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca" (ver Anexo N°2), es necesario equilibrarla u optimizarla para que se controlen o eviten las fisuras de secado y se mejore la resistencia seca. Su resistencia debe cumplir lo indicado en los numerales 8.1 o 8.2 y 8.3 del artículo 8.
- 17.2 Con el control de fisuras mediante la adición de paja, se controla el agrietamiento del adobe y del mortero durante el secado con paja o fibras similares.
- 17.3 En ausencia de paja, para el control del agrietamiento se debe utilizar arena gruesa. Para verificar la combinación de arcilla y arena gruesa se realiza la prueba indicada en el Anexo N° 4: Prueba de "Control de fisuras" o "Dosificación suelo-arena gruesa".
- 17.4 Es importante controlar adecuadamente el contenido de humedad, para evitar o disminuir las fisuras de secado. En general, debe utilizarse la menor cantidad de agua que logre activar la arcilla existente, para alcanzar la máxima resistencia seca de los muros.
- 17.5 La cantidad de agua requerida para moldear las unidades de adobe, no debe pasar del 20% respecto al peso del contenido seco.

Artículo 18.- Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe

- 18.1 Debe recurrirse a las pruebas de campo para confirmar la presencia suficiente de arcilla y conocer la combinación adecuada de arcilla y arena gruesa realizando lo indicado en los Anexos N°s. 1, 2 y 4 de la presente Norma.

- 18.2 Se debe cernir la tierra antes de preparar el barro y luego someterla a un proceso de hidratación sostenida por lo menos 48 horas (Ver definición de dormido en el numeral 12 del artículo 3 de la presente Norma).
- 18.3 El secado del bloque de adobe debe ser lento, para lo cual se realiza sobre tendales protegidos del sol y del viento. Sobre el tendal (que no debe ser de pasto, ni empedrado, ni de cemento) se debe espolvorear arena fina para eliminar restricciones durante el encogimiento de secado.
- 18.4 El bloque de adobe terminado debe estar libre de materias extrañas, grietas u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.
- 18.5 El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°.
- 18.6 El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.
- 18.7 El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.
- 18.8 La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

Artículo 19.- Calidad, preparación y espesor del mortero.

- 19.1 Se deben remojar los bloques de adobes antes de asentarlos, durante 15 a 30 segundos.
- 19.2 La humedad del mortero no debe pasar el 20 %, para evitar el agrietamiento. La cantidad de agua es la menor posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento.
- 19.3 La proporción entre paja cortada y tierra en volumen puede variar entre 1:1 y 1:2.
- 19.4 Si la paja es escasa, se debe usar arena gruesa. La proporción a utilizar se debe hacer de acuerdo a la prueba de campo indicada en el Anexo N° 4: Prueba de "Control de Fisuras" o "Dosificaciones suelo-arena gruesa".
- 19.5 El espesor de los morteros pueden variar de 5 mm a 20 mm. Solo para el tipo de muro indicado en el Esquema 1 de la Figura 4 puede utilizarse un espesor de 40 mm según se muestra en el aparejo correspondiente. Para muros curvos, ver numeral 7.3 del artículo 7 de la presente Norma.
- 19.6 Se debe evitar el secado violento de la albañilería mediante la protección del sol y del viento.
- 19.7 Se debe evitar que el muro se divida en dos por juntas verticales continuas, sean estas longitudinales o transversales.

Artículo 20.- Reforzamiento

Las edificaciones de adobe reforzado deben cumplir con lo indicado en el artículo 6 de la presente Norma.

CAPÍTULO V OBRAS PATRIMONIALES DE TIERRA

Artículo 21.- Consideraciones para la intervención técnica en una obra patrimonial de tierra.

Los trabajos de restauración, recuperación, rehabilitación, protección, reforzamiento y/o mejoramiento de bienes inmuebles integrantes del Patrimonio Cultural de la Nación construidos con tierra, deben incluirse en un Plan de Intervención, el cual desarrolla soluciones técnicas, que cumplan con las siguientes consideraciones:

- 21.1 Garanticen la vida de los ocupantes y protejan los bienes culturales existentes en su interior.
- 21.2 Aumenten la durabilidad de la construcción tradicional aplicando tecnología moderna y diseños basados en el desempeño (refuerzos).
- 21.3 Mantengan las técnicas y los materiales tradicionales de mayor valor, hasta donde sean adecuados, destacando su valor científico e histórico.
- 21.4 Conserven la autenticidad cultural original limitando la intervención al mínimo necesario.
- 21.5 Utilicen refuerzos compatibles y reversibles para preservar los materiales originales según las condiciones climáticas y que no perjudiquen el material original durante la ocurrencia de sismos (golpeándolos, agrietándolos o deformándolos, por diferencia de dureza o rigidez).
- 21.6 Permitan trabajos de mantenimiento y conservación futura.
- 21.7 Conserven la documentación técnica sobre las intervenciones, a cargo de las entidades competentes para facilitar el acceso al archivo sobre los trabajos de intervención realizadas.

ANEXOS

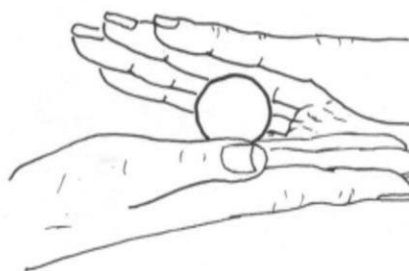
ANEXO N° 1. Prueba "Cinta de barro"

Para tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en un suelo se puede realizar la prueba "Cinta de barro" (en un tiempo aproximado de 10 minutos).

Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

ANEXO N° 2. Prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”

- 2.1. Formar cuatro *bolitas* con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro bolitas (ver imagen adjunta). La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que éstas se deformen significativamente a simple vista, al secarse.



- 2.2. Dejar secar las cuatro *bolitas*. Las cuatro bolitas deben dejarse secar por 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.

- 2.3. Presionar las cuatro bolitas secas. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano (ver imagen adjunta). En caso que luego de la prueba, se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.

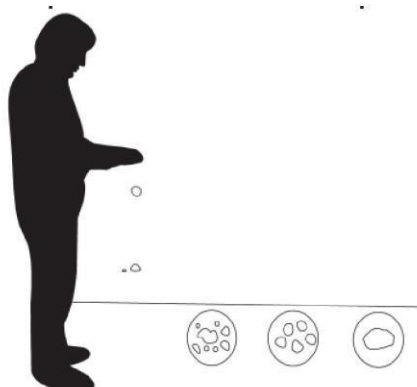


La prueba debe ser realizada por un adulto que participe en la construcción.

- 2.4. Luego del tiempo de secado, se debe repetir la prueba. Si se vuelve a romper, quebrar o agrietar, se debe desechar la cantera de suelo donde se ha obtenido la tierra. Salvo que se mezcle con arcilla o suelo muy arcilloso. En caso, que luego de la prueba no se rompa, no se quiebre o no se agriete ninguna de las cuatro bolitas, dicha cantera puede utilizarse como material de construcción.

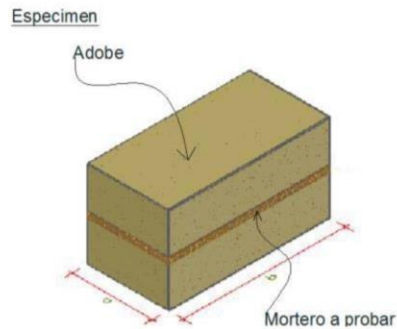
ANEXO N° 3. Prueba “Contenido de humedad” para la construcción con tapial.

- 3.1. Formar una bola con tierra de la zona del tamaño de un puño y comprimirla fuertemente. Soltarla a un suelo firme y plano desde una altura de 1.10 m.
- 3.2. Si la bola se desintegra en el piso, el suelo es demasiado seco.
- 3.3. Si la bola de tierra se rompe en 5 pedazos o más, el contenido de humedad es correcto.
- 3.4. Si la bola se aplasta sin desintegrarse, el contenido de humedad es demasiado alto.



ANEXO N° 4. Prueba de "Control de fisuras" o "Dosificación suelo - arena gruesa"

- 4.1 Se preparan especímenes de prueba (emparedados de dos adobes existentes unidos por morteros nuevos). Los morteros deben tener la mínima cantidad de agua necesaria para una mezcla trabajable.
- 4.2 En la preparación de los diferentes especímenes, el mortero va aumentando la cantidad de arena gruesa en cada muestra y la cantidad de agua necesaria, empezando por una proporción de una (01) parte de suelo y cero (0) partes de arena gruesa, es decir, una proporción 1:0.

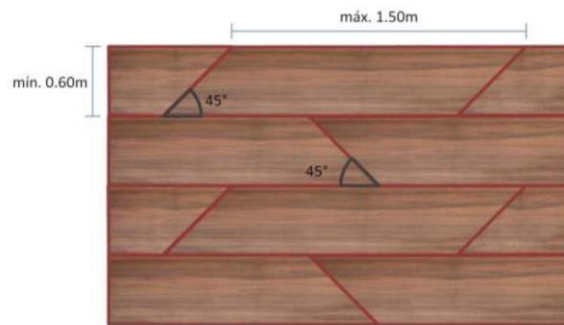


- 4.3 Para el segundo espécimen, una parte de suelo y 1/2 parte de arena gruesa, es decir, una proporción de 1: 1/2.
- 4.4 En el siguiente espécimen, una parte de suelo y otra de arena gruesa, es decir, 1: 1, y así sucesivamente hasta la proporción 1: 3.
- 4.5 Luego de secarlos por 48 horas, se abren los especímenes en el mismo orden, para observar el agrietamiento del mortero.
- 4.6 Para la albañilería de adobe, la proporción óptima es la que corresponde al espécimen que no presente fisuras visibles.
- 4.7 Si el suelo, teniendo suficiente presencia de arcilla, no muestra fisuras en ningún espécimen, significa que no requiere añadirle arena gruesa, porque ya está equilibrado.

ANEXO N° 5

RECOMENDACIONES PARA LAS JUNTAS DE AVANCE EN LA TÉCNICA DEL TAPIAL REFORZADO

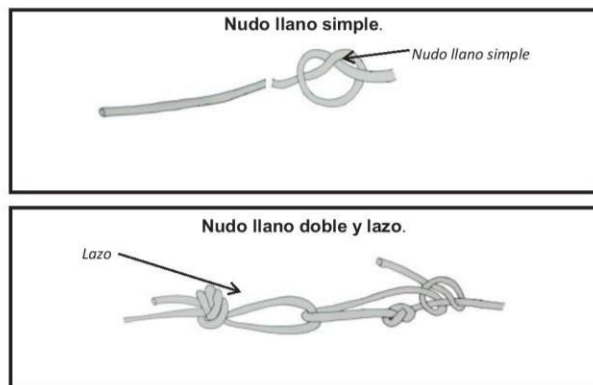
Imagen que muestra las juntas de avance, inclinadas a 45° aproximadamente. Esta solución evita el uso de la tapa terminal y adelgaza la junta de llenado por acción de la gravedad.



ANEXO N° 6

RECOMENDACIONES PARA EL AJUSTE DE LAZOS VERTICALES Y HORIZONTALES PARA LOS REFUERZOS CON MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS

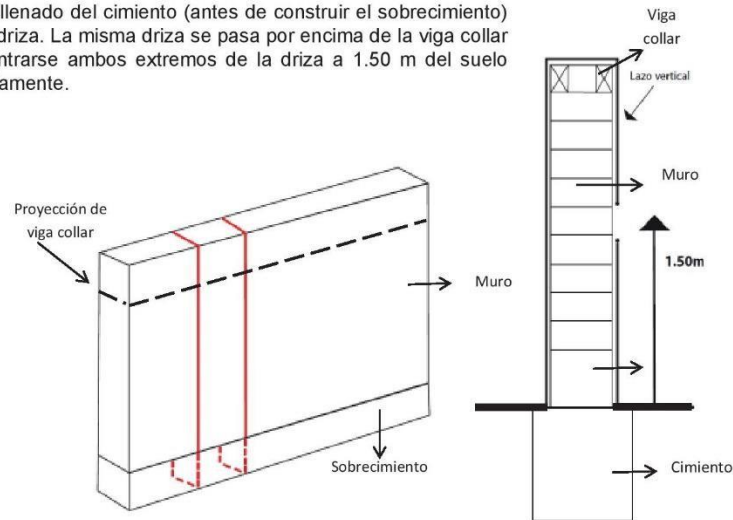
6.1 NUDOS PARA REFUERZOS



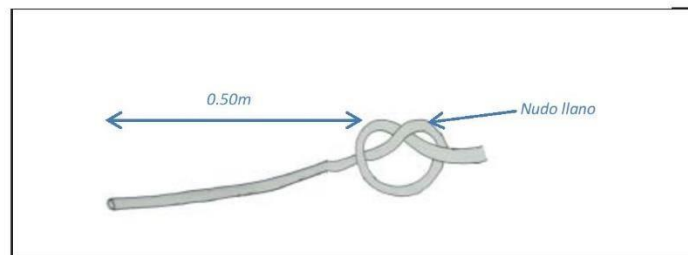
6.2 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL AJUSTE DE LAZOS VERTICALES Y HORIZONTALES PARA LOS REFUERZOS CON MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS

Debe envolverse el muro mediante lazos verticales. Cada lazo vertical debe pasar por el fondo o base del sobrecimiento y sobre la viga collar. Tensar y anudar. Conviene que cada lazo vertical pase por la junta (mortero) vertical. Ambos extremos de la soga sintética se amarran.

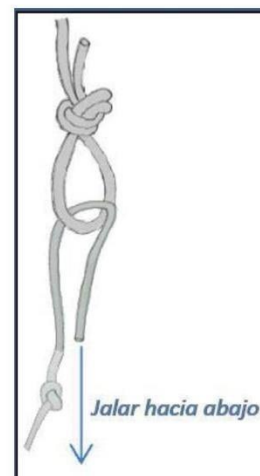
- a) Luego del llenado del cemento (antes de construir el sobrecimiento) se deja la driza. La misma driza se pasa por encima de la viga collar para encontrarse ambos extremos de la driza a 1.50 m del suelo aproximadamente.



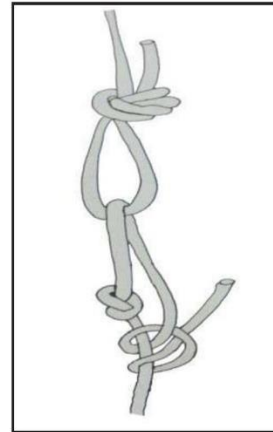
- b) Con la punta de la driza superior (que cuelga) debe hacerse una U y formar un nudo de dos cordones para crear un lazo, de la forma que se muestra en, Anexo N° 6, inciso 6.2, literal d).
- c) En la driza inferior debe hacerse un nudo llano a 0.50 m de su extremo.



- d) La driza inferior se pasa a través del lazo superior y se jala hacia abajo, ayudándose con el propio peso del operario.



- e) Mantener la tensión con la mano más hábil y con la otra mano apretar el lazo contra el muro donde la driza inferior pasa por el lazo.

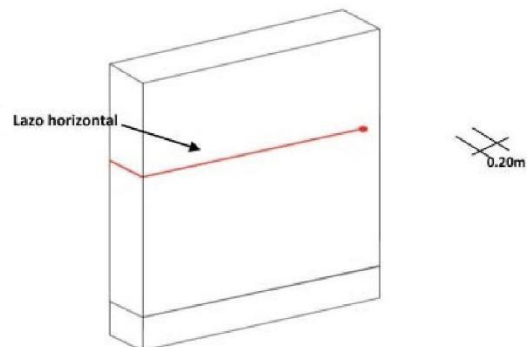


- f) Finalmente, con la mano hábil hacer tres (03) nudos llanos debajo del nudo hecho en el literal c) numeral 6.2 del Anexo N° 6, y soltar.

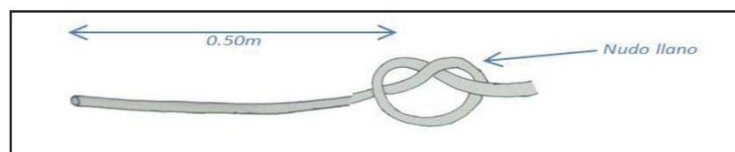
6.3 AJUSTE HORIZONTAL PARA REFUERZOS CON MALLAS DE SOGAS SINTÉTICAS

Luego de haber tensado y anudado cada una de las drizas verticales del muro, debe envolverse el mismo muro mediante lazos horizontales. Cada lazo horizontal debe pasar por un orificio realizado al muro o contrafuerte perpendicular a este. En caso que existan vanos, los lazos deben envolver el muro por los derrames de dichos vanos. Tensar y anudar ambos extremos. Cada lazo horizontal debe pasar por la mitad de cada adobe (no por la junta horizontal).

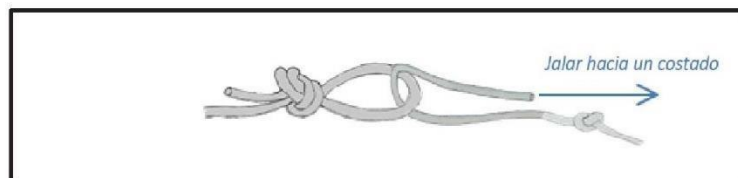
- a) La driza rodea el muro horizontalmente (para ello, en las esquinas debe perforarse el muro transversal o contrafuerte perpendicular a este con un taladro para poder pasar las drizas y hacer un lazo en unos de los extremos y acercarlo a 0.20 m a uno de los bordes (aristas) del muro.

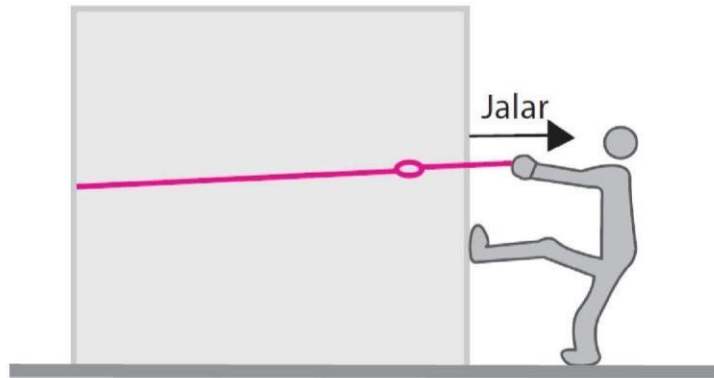


- b) Realizar en el otro extremo un nudo llano a 0.50 m de su extremo.

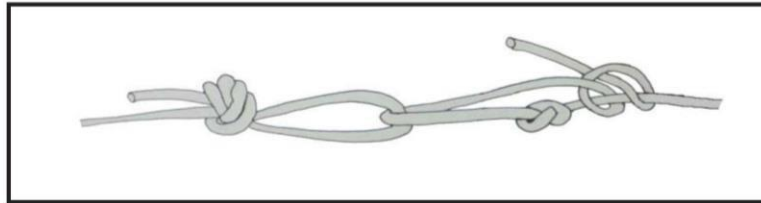


- c) Pasar la driza con nudo a través del lazo y ejercer tensión, pudiendo apoyarse con un pie en el muro.





- d) Mantener la tensión con la mano más hábil y con la otra mano apretar el lazo contra el muro donde la driza pasa por el lazo.



- e) Finalmente, con la mano hábil hacer tres (03) nudos llanos debajo del nudo hecho en el Anexo 6, inciso 6.3, literal c) y soltar.

6.4 AMARRE DE LAZOS VERTICALES CON LAZOS HORIZONTALES Y UNIÓN DE MALLAS.

Los lazos verticales y los lazos horizontales forman mallas en ambas caras del muro. Ambas mallas deben unirse utilizando drizas "conectoras" (que crucen el muro).

- En una cara del muro amarrar con la driza "conectora" la intersección formada por el lazo vertical con el lazo horizontal.
- Perforar el muro con un taladro para cruzar la driza "conectora" de manera que dicha driza también amarre la intersección formada por el lazo vertical con el lazo horizontal, de la otra cara del muro.
- Repetir el procedimiento con cada intersección formada por el lazo vertical con el lazo horizontal. Las mallas de cada cara del muro deben estar unidas por drizas conectoras.
- Una vez que se encuentren amarradas las mallas de ambas caras del muro, aplicar el revestimiento de barro con paja.

