



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Efecto del porcentaje de la fibra tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión,  
absorción y estabilidad dimensional del adobe, Trujillo, 2018

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO (A) CIVIL**

AUTOR:

Briceño Segura, Leslie Eliana (0000-0002-4591-4725)

Marcos Gamboa, Angel Alonso (0000-0003-3095-254X)

ASESOR:

Dr. Alan Yordan Valdivieso Velarde (0000-0002-8179-2809)

Mg. Ing. Marlon Farfán Córdova (0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

Trujillo – Perú

2019

## **PÁGINA DE JURADO**

---

**PRESIDENTE**

Ing. Rojas Salazar, Hilbe Santos

---

**SECRETARIO**

Ing. Farfán Córdova, Marlon Gastón

---

**VOCAL**

Ing. Valdivieso Velarde, Alan Yordan

## DEDICATORIA

Leslie Eliana:

A Dios, por haberme guiado y tenerme con vida hasta este momento, permitiéndome culminar mi carrera profesional.

A mis padres, por los consejos y motivación constante en los momentos más difíciles. Por el apoyo económico, dándome el empuje de tener una carrera profesional, y creer en mi capacidad de superarme como persona.

A mi tía Mery, y a mi tío Walter, por haberme apoyado siempre, brindándome su apoyo y amor.

A mi hermano, por su apoyo y aliento constante.

Angel Alonso:

En primer lugar, agradecer a Dios por permitirme llegar a disfrutar este momento y siempre darme fuerza para continuar cumpliendo mis metas.

Al motor e impulso de mi vida a mi madre Roxana Gamboa Ángeles y a mi hermano Diego Marcos Gamboa quienes siempre estuvieron ahí conmigo en todos los momentos apoyándome y alentándome para poder ser mejor día a día y así poder llegar a donde estoy hoy.

A mi señor padre Angel Marcos quien trabaja y se sacrificó en todos estos años para poder darnos un futuro mejor.

A mi abuela Carmen Gamboa (+) quien siempre será mi fortaleza de seguir y salir adelante con sacrificio.

A mis tíos Orlando Gamboa, Ricardo Gamboa, Roger Pichón, Ignacio Tacas y Aldo Gamboa (+) quienes siempre me corregían, guiaron y me ofrecieron su amistad para poder ser una persona de bien.

## **AGRADECIMIENTOS**

A través de estas líneas quisiéramos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que aportaron y ayudaron durante todo el desarrollo de esta investigación.

A mi asesor Dr. Alan Yordan Valdivieso, por la orientación y ayuda brindada para concluir la tesis, por la motivación constante y formando una amistad que nos permitió lograr un mejor resultado en la investigación.

Al Dr. Alex Fabián Díaz Díaz, quien dedico parte de su tiempo para guiarnos y ver concluida la presente investigación, por su inestimable apoyo y su amistad que nos permitió transmitirnos su experiencia y así aprender mucho más de lo que se estudió durante el proyecto.

A todos nuestros profesores de la carrera de ingeniería civil que nos enseñaron tanto de la profesión como de la vida, impulsándonos siempre a seguir adelante.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Briceño Segura Leslie Eliana identificada con DNI n° 72928132 y Marcos Gamboa Angel Alonso identificado con DNI n° 71380978, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de la Universidad Cesar Vallejo, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, queda declarado bajo juramente que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y autentica.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad de la Cesar Vallejo.

**Trujillo, 16 de julio del 2019**

---

**Briceño Segura**

**Leslie Eliana**

---

**Marcos Gamboa**

**Angel Alonso**

# Índice

<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	9
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>II. MÉTODO</b> .....	23
<b>2.1. Tipo y Diseño de Investigación</b> .....	23
<b>2.2. Operacionalización de variables</b> .....	23
2.2.1. Variables Dependientes.....	23
2.2.2. Variables Independientes .....	23
<b>2.3. Población y muestra</b> .....	25
2.3.1. Población.....	25
2.3.2. Muestra.....	25
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	26
2.4.1. Técnica .....	26
2.4.2. Instrumentos .....	26
2.4.3. Validez y confiabilidad .....	27
<b>2.5. Procedimiento</b> .....	27
2.5.1. Ubicación y obtención del material.....	27
2.5.2. Selección de tierra .....	28
2.5.3. Ensayos de Campo .....	29
2.5.4. Ensayos de propiedades físicas .....	37
2.5.5. Ensayos mecánicos.....	46
2.5.6. Elaboración de los adobes .....	50
2.5.7. Molde: Forma y dimensiones:.....	50
2.5.8. Preparación de los adobes .....	51
<b>2.6. Método de análisis de datos</b> .....	56
<b>2.7. Aspectos éticos</b> .....	56
<b>III. RESULTADOS</b> .....	57
<b>3.1. Ensayos para clasificación de suelo</b> .....	57
3.1.1. Contenido de humedad .....	57
3.1.2. Límites de Atterberg .....	57
3.1.3. Análisis Granulométrico.....	58
3.1.4. Clasificación de suelo .....	59
<b>3.2. Ensayos a las unidades de adobe</b> .....	60
3.2.1. Resistencia a la compresión .....	60

3.2.2. Resistencia a la flexión (Módulo de rotura) .....	63
3.2.3. Absorción .....	66
3.2.4. Estabilidad dimensional y alabeo.....	67
IV. DISCUSIÓN .....	70
V. CONCLUSIONES .....	72
VI. RECOMENDACIONES .....	73
REFERENCIAS .....	74
ANEXOS .....	79

## RESUMEN

En la presente investigación, se evaluó el efecto del porcentaje de la fibra de vidrio tipo E sobre la resistencia a la compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional del adobe. Los porcentajes de fibra de vidrio que se utilizaron fueron de 0%, 3%, 5% y 7% del total de la muestra para elaborar el adobe. La muestra fue extraída de la adobera para ver si cumplía con los parámetros que exige la Norma Técnica E 0.80, donde indica los parámetros de porcentajes de material que se deben contemplar son arcilla entre 10-20%, limo entre 15-25% y arena 55-70%, y descartándose todo tipo de suelo orgánicos, posteriormente, las muestras fueron sometidas al ensayo de granulometría dando como resultado una clasificación en SUCS SM-SC (arena limo – arcillosa) y AASHTO A-2-4(0) (grava y arena limo o arcillosa). Dando como resultado 13.59% de arcillas, 19.60% de limos y 66.81% de arenas.

Luego de tener el material adecuado se procedió a hacer el molde de adobe de las medidas 24 de largo, 11 de ancho y 9 de alto. Se realizaron un total 112 muestras las cuales fueron evaluadas en ensayos de compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional. Se obtuvieron como resultados que la resistencia máxima a la compresión alcanzó un valor promedio de 22.52 kg/cm<sup>2</sup> para los adobes tradicionales superando a lo que nos indica la Norma Técnica E 0.80 que nos da como valor mínimo 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, pero cabe resaltar que todos los adobes con fibra de vidrio están por encima del valor mínimo de resistencia a la compresión de la E 0.80.

Con respecto a la resistencia a la flexión se alcanzó un valor máximo promedio de 5.51 kg/cm<sup>2</sup> para los adobes con 7% de fibra de vidrio. El porcentaje de absorción se mantiene en menor cantidad promedio en los adobes tradicionales con 8.30%, ya que en el de 3% se excede en el doble aproximadamente y sucesivamente con los de 5% y 7% de fibra de vidrio. Con respecto a la variación dimensional nos da un valor mínimo de variación con respecto a ladrillos Lark de dimensiones 24 x 13 x 9 cm, con respecto a la variación del largo es de 0.18% con respecto al adobe tradicional, con respecto al ancho la variación es de 0.09% en el adobe con 7% de fibra de vidrio y a la altura un 2.28% con el adobe de 7% de fibra de vidrio. Concluyendo que las propiedades físico-mecánicas del adobe resultan parcialmente favorables con respecto a incorporación de fibra de vidrio en flexión y estabilidad dimensional.

**Palabras Claves:** adobe, fibra de vidrio, resistencia, compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional.

## **ABSTRACT**

In the present investigation, the effect of the percentage of the type E glass fiber on the compressive strength, bending, absorption and dimensional stability of the adobe was evaluated. The percentages of glass fiber that were used were 0%, 3%, 5% and 7% of the total sample to make the adobe. The sample was extracted from the adobera "" to see if it fulfilled the parameters that Technical Norm E80 tells us, where they give us the parameters of percentages of material that should be contemplated are clay between 10-20%, silt between 15- 25% and sand 55-70%, and discarding all types of organic soil, the samples were subjected to the granulometry test resulting in a classification in SUCS SM-SC (sand silt-clayey) and AASHTO A-2-4 (0 ) (gravel and sand silt or clayey). Resulting in 13.59% of clays, 19.60% of silt and 66.81% of sands.

After having the right material, we proceeded to make the adobe mold measuring 24 long, 11 wide and 9 high. A total of 112 samples were made, which were evaluated in compression, bending, absorption and dimensional stability tests. We obtained as results that the maximum resistance to the understanding reached an average value of 22.52 kg/cm<sup>2</sup> for the traditional adobes exceeding what is indicated in Technical Norm E 0.80 which gives us as a minimum value 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, but it should be noted that all adobes with fiberglass are above the minimum value of resistance to the understanding of the E 0.80.

With respect to the resistance to bending, an average maximum value of 5.51 kg/cm<sup>2</sup> was reached for adobes with 7% glass fiber. The percentage of absorption is maintained in a lower average amount in traditional adobes with 8.30%, since in the 3% it exceeds approximately twice and successively with those of 5% and 7% of glass fiber. With respect to the dimensional variation gives us a minimum value of variation with respect to Lark bricks of dimensions 24 x 13 x 9 cm, with respect to the variation of the length is 0.18% with respect to the traditional adobe, with respect to the width the variation it is 0.09% in the adobe with 7% fiberglass and at the height of 2.28% with the adobe of 7% fiberglass.

Concluding that the physical-mechanical properties of adobe are favorable with respect to incorporation of fiberglass in understanding, vending and dimensional stability.

Keywords: adobe, fiberglass, resistance, compression, flexion, absorption and dimensional stability.

## I. INTRODUCCIÓN

Es adobe como material de construcción ha sido muy utilizado a lo largo del tiempo en el Perú, siendo el material predominante en zonas rurales, debido a su bajo costo de fabricación y la disponibilidad de recursos para su elaboración. Asimismo, el adobe posee propiedades de aislación térmica, manteniendo una temperatura cálida dentro del hogar; y aislación acústica, evitando que el ruido externo ingrese al interior del hogar (Rodríguez, 2018). Sin embargo, su uso ha ido disminuyendo en los últimos años debido a que el Perú es un país que se encuentra en zona de alta sismicidad, teniendo un comportamiento a éste de poca resistencia a los esfuerzos de flexión y compresión. (Solis et al, 2015). Además de la diversidad climática que se presenta en las lluvias constantes, por ende, el deterioro del adobe se genera por la baja absorción de humedad.

Es por eso que el uso del adobe al no cumplir con la resistencia requerida, se ha ido sustituyendo su uso por el ladrillo o bloque de cemento. Por lo tanto se busca mejorar el sistema constructivo de adobes, ya que para la elaboración de adobes no se necesita obra de mano especializada (Vázquez, Guzmán, Iñiguez, 2015) . No obstante, el uso de adobe está por delante del ladrillo de cemento en departamentos como La Libertad, Cajamarca y Puno (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática [INEI], 2017).

Por lo tanto, para mejorar las propiedades del adobe es necesario reforzarlo y estabilizarlo con fibra de vidrio tipo E. Los materiales compuestos hecho de fibra en una resina polimérica, también conocidos como polímeros reforzados con fibra (FRP), han surgido como una alternativa a los materiales tradicionales para su reparación y rehabilitación (American Concrete Institute [ACI], 2008, p5). La fibra de vidrio se ha caracterizado como un material rígido y fuerte, además que posee una baja densidad y es resistente a la corrosión. Siendo además uno de los materiales de gran importancia en la construcción, ya que se ha demostrado a través de ensayos que tiene la capacidad de aumentar las propiedades de flexión y corte e incluso, se puede advertir un aumento en ambas propiedades al mismo tiempo, siendo esto beneficioso para la investigación del adobe ya que en las propiedades anteriormente mencionadas es muy pobre (Álvarez et al, 2017).

Para reforzar la investigación, se han realizado diversas investigaciones para estabilizar el adobe con diferentes materiales. Como primer caso tenemos a Alday (2014) que investigó sobre “Efecto de los estabilizadores en las propiedades físicas del adobe” con la finalidad de modificar las propiedades del adobe, con materiales como el cemento, polímero acrílico y emulsión asfáltica. El propósito fue conocer el efecto de cada uno de los materiales en la resistencia a la compresión, flexión y adherencia del material en el adobe. Y según los resultados, el adobe estabilizado con el cemento, polímero acrílico y emulsión asfáltica presenta gran resistencia a la compresión de 83.24, 14.23, 18.73 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, y a la flexión de 0.60, 0.17 y 0.19 kgf/cm<sup>2</sup> respectivamente, en el % de absorción de agua disminuye en 9, 14 Y 16% respectivamente. Concluyendo que el material que mejor resultados presenta en resistencia a la compresión y flexión es el cemento, y respecto a la absorción es el polímero.

Segundo caso, se encuentra Quiteño (2015) realizó el artículo de investigación “La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción del ladrillo de adobe en el departamento de Ahuachapán” con el objetivo de construir viviendas a menor costo, adicionando cal en las muestras de suelos. Los resultados mostraron que la adición de cal en la mezcla para la preparación del adobe no presentaba grietas durante el secado. Asimismo, la resistencia a la compresión se observó que el suelo tipo I tiene una resistencia de 4.12 kg/cm<sup>2</sup>, el suelo tipo II tiene 6.09 kg/cm<sup>2</sup>, el suelo tipo III tiene 6.82 kg/cm<sup>2</sup>, el suelo tipo IV tiene 13.31 kg/cm<sup>2</sup> y el suelo tipo V tiene 13.33 kg/cm<sup>2</sup>. Concluyendo que el suelo tipo IV y V presentan mayor resistencia a la compresión con 7% de cal.

Tercer caso, tenemos a Buri (2015) quien realizó la tesis sobre “Análisis, desarrollo y evaluación de aislantes térmicos fabricando bloques de adobe con paja” con el objetivo de desarrollar aislantes térmicos mediante el uso de bloques de adobe mezclado con paja y estabilizados con cal y cemento para la construcción de edificaciones y brindar viviendas confortables. Teniendo como resultados que en la resistencia a la compresión del adobe de cemento-paja tiene 44.25 kg/cm<sup>2</sup> con 60% de paja, y con 80% de paja la resistencia disminuye a 34 kg/cm<sup>2</sup>; mientras que el adobe de cal-paja tiene una resistencia de 74 kg/cm<sup>2</sup> con 60% de paja, y con 80% de paja disminuye a 44.7 kg/cm<sup>2</sup>.

Concluyendo, que el uso del cemento y la cal como estabilizantes mejoran las propiedades del adobe, y así mismo la fibra vegetal (paja) sirve de adherencia entre los materiales y disminuye la deformación del adobe.

Cuarto caso, se encuentra Paredes y De La Cruz (2017), realizaron la investigación sobre “Estudio de Estabilizadores en el adobe” teniendo como finalidad mejorar la resistencia a la compresión del adobe con el uso de aglomerantes naturales y artificiales como fibra de cáscara de coco, paja de páramo, cáscara de arroz y catalizador compuesto de sílice y aluminio con porcentajes 5%, 10%, 15% y 20%. Dando como resultado que el tipo de suelo fue ML limo con baja plasticidad, y en la resistencia a la compresión se obtuvo que es la fibra de coco con 4.90 MPa, y también la tierra sola presenta 4.0 MPa. Concluyendo que las muestras estabilizadas con cáscara de arroz y con el catalizador no presentan una buena resistencia a la compresión teniendo 3.74 MPa y 3.85 MPa respectivamente.

En el quinto caso está Salvador y Olivares (2017) quienes realizaron el artículo de investigación denominado “Utilización de ladrillo de adobe estabilizados con cemento portland al 6% y reforzados con fibra de coco, para muros de carga en Tampico” con el objetivo de minimizar los costos de una edificación utilizando los recursos que se encuentran en la Zona Metropolitana evitando gastos en el traslado del material. Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión tenía mejores resultados utilizando la prensa hidráulica con 4.96 MPa y manualmente con 2.02 MPa. Concluyendo que el comportamiento de la fibra de coco frente a la absorción y permeabilidad no fue bueno, ya que dejó huecos en el ladrillo lo cual permitía la entrada de agua.

En el sexto caso, se encuentra Chuya y Ayala (2018) realizaron una investigación sobre la “Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional y el adobe con fibra de vidrio” con la finalidad de mejorar las características mecánicas del adobe. En esta investigación se realizaron 5 caso de estudio de adobe reforzado, utilizando 3.40%, 6.80%, 7.90%, 2.80% y 0.60% de fibra de vidrio del total del adobe en volumen. Teniendo como resultado una resistencia mayor en todos los casos, siendo 1.321 MPa, 1.148 MPa, 1.340 MPa, 1.519 MPa, superando la resistencia que indica en la norma.

Concluyendo que el aumento de la resistencia del adobe no se relaciona a la cantidad de fibra de vidrio que se utiliza, sino a la colocación de las varillas de fibra de vidrio en el adobe.

Como Séptimo investigación tenemos a Bolaños (2016) quién realizó la investigación sobre la “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactando con adición de goma de tuna” con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas del adobe y su compactación con la máquina CINVA. Y según los resultados, la resistencia a la compresión aumenta conforme se incrementa el porcentaje de la goma de tuna, obteniendo con 15% una resistencia de 27.56 kg/cm<sup>2</sup>. Para la flexión se obtuvo que con 10% de goma de tuna alcanza la máxima resistencia de 6.81 kg/cm<sup>2</sup> y en la prueba de absorción se obtuvo que con 5% y 10% de goma de tuna logra absorber 12.68% y 14.62% respectivamente. Concluyendo que la adición de goma de tuna al adobe tengo mayor resistencia a la compresión, siendo diferente para los ensayos de flexión y en absorción solo cumple el 5% y 10%.

Como octavo caso tenemos a Manrique (2017) quién realizó la tesis “Evaluación de nieles de cáscara de arroz y su influencia sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de adobe, Zúngaro Cocha, 2016” con la finalidad de dar un buen uso a los materiales que son utilizados y desechados del ámbito industrial y/o agrícola como son la cáscara de arroz, aserrín, estiércol vacuno, utilizándolos para la elaboración del adobe. Para la preparación de la mezcla se utilizó 10%, 20%, 30% y 40% de cáscara de arroz. Los resultados que se obtuvieron fueron que la resistencia a la compresión con el 40% de cáscara de arroz presenta una resistencia de 80.58 kg/cm<sup>2</sup> a comparación del 10% que presenta 27.84 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo que se concluyó que la resistencia máxima de compresión del adobe se logró conseguir con el 40% de cáscara de arroz.

En la penúltima investigación tenemos a Mantilla (2018) quién realizó la investigación sobre la “Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho” con el propósito de mejorar las propiedades físico-mecánicas del adobe sobre la resistencia a la compresión y flexión con el uso adicional de fibras como la viruta y el caucho, teniendo el adobe un mejor comportamiento.

Los resultados arrojaron que el tipo de suelo fue SUCS es un suelo SC (Arena-arcilloso), también se observó que con el 3% de viruta tiene una resistencia a la compresión de 30.25 kg/cm<sup>2</sup> y con el 2% de caucho presentó 27.57 kg/cm<sup>2</sup>, para la resistencia a flexión el 3% de viruta presentó 8.35 kg/cm<sup>2</sup> y con el 3% de caucho presentó 8.25 kg/cm<sup>2</sup>; y en absorción de agua el 5% de caucho presentó mayor reducción de absorción con 15.20%. Concluyendo que el 3% de viruta y 2% de caucho presentan mayor resistencia a la compresión en comparación con el adobe tradicional que tiene 22.22 kg/cm<sup>2</sup> y en la flexión el 3% de viruta y caucho fue mayor la resistencia en comparación al de adobe tradicional que tiene 8.01 kg/cm<sup>2</sup>. Y en la absorción, la viruta no es favorable en ninguno de sus porcentajes.

Como última investigación se encuentra Nureña (2017) realizó la tesis “Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo” con el objetivo de mejorar las propiedades del adobe utilizando el cemento como agente estabilizador para incrementar la resistencia a la compresión y la resistencia mecánica. Según los resultados la muestra de la adobera de Moche presenta mayor resistencia a la compresión con 12 kgf/cm<sup>2</sup>. Y en el ensayo de durabilidad al 3% de cemento se empezó a notar pérdidas de 30.02%, mientras que mayor a 6% de cemento, los adobes aumentaron su peso seco entre 0.1-2.4%. Concluyendo que el adobe con mayor resistencia fue de 12% de cemento de la Tierra 3 que tiene 75% de arena – 25% de limos y arcilla, pero el más rentable fue el adobe con la Tierra 1 que tiene 50% de arena – 50% de limos y arcillas sin agregación de cemento, pues se logró 25.7 kg/cm<sup>2</sup> siendo superior a la resistencia mínima que indica la norma NTE E.080.

Para familiarizarse más con la investigación tenemos que conocer más acerca de los términos empleados en esta investigación y en qué consisten algunos de los ensayos que se realizan para la determinación de resistencia del adobe. Por un lado, tenemos como principal término tenemos al adobe que se puede definir como una porción de tierra cruda, que se combina con paja u arena gruesa para que mejore su resistencia de vida útil (Norma E.080, 2017). La Sociedad Geológica de México (2012) comenta que el adobe como material de construcción para uso habitacional ha sido utilizado por miles de años por los pueblos indígenas de América, tanto en el suroeste de los Estados Unidos como en Mesoamérica y la región andina en Sudamérica.

Actualmente el 50 por ciento de las casas del mundo están construidas con este material. La utilización del adobe representa una alternativa viable para resolver el problema de la falta de vivienda, a través de la propuesta de una casa auto construible de bajo costo. Sin embargo, la tierra como material para la construcción no es solo una técnica histórica que ha sido utilizada en proyectos que se hayan realizado en el pasado, sino que se pueden encontrar en proyectos hasta el día de hoy en diferentes países del mundo. (Vásquez, Botero y Carbajal, 2015).

El Perú se encuentra ubicado en una zona de alta sismicidad en lo que se refiere a Sudamérica, donde hace miles de años las culturas adoptaron la tradición de construir con tierra como: la pre-inca, la inca y la española. Las tecnologías que tuvieron mayor fuerza fueron la mampostería de adobe, el tapial, y la quincha. La construcción típica en el Perú es la de tierra simple, sin ningún refuerzo en la mezcla para una mejor adherencia de propiedades del adobe. Las casas coloniales de tierra y de la primera etapa republicana que han prevalecido, a pesar de la alta sismicidad de la costa peruana, son fuertes ya que tienen muros anchos en densidad suficiente en ambas direcciones” (Blondet et al 2011). Actualmente, las viviendas de tierra en el Perú no solo se encuentran en zonas rurales, pues también hay en muchos alrededores y en zonas urbanas. No obstante, poco a poco se ha ido perdiendo la costumbre de construir con adobe ya como se sabe tienen deficiencias sismorresistentes,

Y esto se debe a que los propietarios construyen sus muros más esbeltos, imitando comportamientos arquitectónicos de viviendas con sistema de albañilería confinada que se presentan típicamente en las áreas urbanas (Instituto Nacional de Estadísticas e Informática [INEI], 2017). Con respecto a la composición, el adobe es producto de la elaboración de la mezcla de arcilla, arena y agua, aunque adicionalmente se le puede agregar elementos que permitan mejorar su esfuerzo de corte, en la gran mayoría de las producciones de adobe se usa la paja, y dicha mezcla es vertida en moldes de madera que tienen forma de bloque y es expuesta al sol para su respectivo secado. Por consiguiente, sabes que cualquier tierra no es óptima para la elaboración de adobes, por lo que es necesario hallar en las zonas cercanas una tierra que contenga los siguientes porcentajes adecuados de arcilla (15%), arena (70%), como para comprobar la calidad de tierra se pueden realizar pruebas empíricas en campo (Moscoso 2016). Además, las

propiedades del adobe son diversas dependiendo de su lugar de procedencia, ya sea en los distintos tipos de suelos. Y estas propiedades son evaluadas por ensayos de corte, flexión.

El adobe se clasifica en dos tipos: a). Adobe No Estabilizado, el cual es un ladrillo de barro sin cocer o denominados “Naturales” cuya especificación de absorción es muy distintas al adobe estabilizado. Es el material más usado en las construcciones rurales, así como para casas económicas de un solo piso. B). Adobe Estabilizado: Se define como Adobe estabilizado en el que se ha agregan otros materiales o mezclas en el proceso de fabricación, con el fin de mejorar sus condiciones de estabilidad ante la presencia de adsorción de agua en el adobe (Norma Técnica de Edificaciones [NTE] E 080).

Para el caso del adobe estabilizado, la función del material estabilizador es disminuir el problema que presenta el adobe, baja resistencia frente a la resistencia a la absorción. Asimismo, debe incrementar la resistencia a compresión del adobe, reducir la absorción de agua tapando los huecos haciéndolos menos permeables. (Ríos, 2010)

Por lo tanto, la finalidad de los adobes estabilizados es mejorar las propiedades del adobe, ya que se busca que el material que está reforzando al adobe pueda brindar mayor estabilidad a la vivienda (García, 2018).

Por lo tanto, debemos considerar las ventajas y desventajas de construir con adobe. Dentro de sus ventajas, el adobe es muy accesible para todas las personas debido a su bajo costo y su gran durabilidad, además de eso permite un bajo consumo energético por sus cualidades aislantes, permite modificar de manera fácil y sencilla en cualquier momento, es un excelente aislante acústico y es un producto biodegradable y reciclable. Y las desventajas que posee el adobe son muy sensible con respecto a la humedad ya que podría causar grandes daños en la construcción, si no es reforzada no sirve de manera estructural, no permite construcciones de manera vertical, alto peso específico. Por otro lado, tenemos a la fibra de vidrio como el asombroso interés en los sistemas de polímeros reforzados con fibra para un mejor fortalecimiento y la adaptación se les atribuye a varios factores, ya que los materiales de los polímeros reforzados con fibra son livianos, no corrosivos y demuestran una gran mejora con respecto a la tracción (American Concrete Institute [ACI], 2008).

“Los materiales compuestos hechos de fibra en una resina polimérica, también conocidos como polímeros reforzados con fibra (FRP), han surgido como una alternativa a los materiales tradicionales para reparación y rehabilitación”. (American Concrete Institute [ACI], 2008, p.5).

Con el transcurrir del tiempo las fibras han sido sometidas a una gran variedad e importantes estudios y ensayos para obtener un material que sea altamente resistente, es decir que las fibras lleguen a ser consideradas como reemplazo para el aluminio y el acero. Por eso en la actualidad van teniendo gran acogida y van siendo más usados los materiales que tiene de base a los polímeros reforzados con fibra, ya que estos tienen una gama alta de beneficios con relación a los materiales que se utilizan tradicionalmente, ya que presentan mejoras en las propiedades como por ejemplo peso liviano, alta resistencia, buenas propiedades de aislamiento térmico, bajo nivel de mantenimiento y una durabilidad prolongada. (Morgano [et al] 2016).

La fibra de vidrio se encuentra disponible en distintas presentaciones, por ejemplo, laminas fabricadas en fábricas hasta hojas de fibra que se utilizan para reforzar la geometría de una estructura antes de colocarle la resina polimérica. La fibra de vidrio es catalogada como fuerte y rígida, adicionando la poca densidad que posee y su alta resistencia a la corrosión. Se ha demostrado a través de ensayos que las fibras tienen la capacidad de mejorar las propiedades con respecto a la flexión y corte, se puede identificar notoriamente un aumento en ambas propiedades al mismo tiempo. (Echevarría, Jiménez & Ochoa 2012). La fibra de vidrio es apreciada como un material estructural de ingeniería, considerado como compuesto debido a que está conformado por una combinación de más de un componente, cuya clave es un resultado que se basa en dar una mejora en las propiedades, que de manera aislada no podría ser alcanzada.

En la actualidad el uso de materiales compuestos ha tenido un notable aumento en el mundo de la construcción que conlleva al incremento de la fabricación de elementos estructurales, pero por consiguiente algunos materiales como el acero, aluminio y madera están siendo cambiados con el mejor resultado obtenido de los materiales compuestos avanzados, lo que se les denomina comúnmente “composites” los cuales dan una mejora en las propiedades específicas.

Los materiales compuestos que utilizan en la base fibras como refuerzo a una matriz polimérica, son reforzados en la gran mayoría de veces con fibras de vidrio o fibras de carbono, debido a que están atribuyen una magnífica proporción a las relaciones con respecto a la rigidez – peso y resistencia – peso; las cuales dan como resultado un mejor desenvolvimiento en sectores específicos (Davim y Mata 2010).

Los sistemas de polímeros reforzados con fibra son usados para la rehabilitación o restablecer la propiedad de resistencia de un miembro estructural dañado, deteriorado, fortalecer o modernizar cualquier elemento estructural sólido para que pueda ser capaz de resistir el aumento de las cargas debido a los posibles cambios que se puedan presentar en la estructura, errores que tengan que ver con diseño o a al proceso constructivo (American Concrete Institute [ACI] 2008).

Las principales aplicaciones de la fibra de vidrio tenemos la fabricación de compuestos estructurales, placas de circuitos impresos y una gran gama de productos de uso espacial. Ya mayor fuerza de los polímeros reforzados con fibra está en las industrias automovilísticas, aeroespaciales, marítima y en el rubro de la construcción (Echevarría, Jiménez y Ochoa 2012).

Cualquier sistema de polímeros reforzados con fibra (FRP) considerado para cualquier uso estructural debe contar con los ensayos, pruebas y estudios que certifiquen y demuestren que su rendimiento es adecuado con respecto a todos los sistemas de igual o similar aplicación. Los polímeros reforzados con fibra (FRP) desarrollados mediante la caracterización de ensayos estructurales o de materiales, se pueden encontrar en las normas estándar para sistemas de polímeros reforzados con fibra de vidrio que han sido trabajadas y corregidas minuciosamente por organizaciones especialistas, las cuales están incluidas ASTM, ACI, ICRI e ISIS CANDÁ. Además, Los polímeros reforzados con fibra presentan una variedad de formas, humedad, colocación, pre-impregnado y pre-curado. Además, los factores como el volumen de la fibra, el tipo de la fibra, el tipo de resina, la orientación de la fibra, efectos dimensionales y durante la fabricación llevar el control de calidad, esto juega un papel fundamental al momento de establecer las características y propiedades de un material de polímeros reforzados con fibra (American Concrete Institute [ACI] 2008).

Los materiales que se usan en los métodos de polímeros reforzados con fibra (FRP) son: resinas, masillas, imprimaciones, adhesivos, saturantes y fibras, las cuales se han investigado para llegar a lograr el desarrollo del fortalecimiento de los elementos estructurales, como por ejemplo el concreto. Entre los materiales que constituyen a los sistemas de polímero reforzado de vidrio tenemos: a). Fibras, son aquellas que determinan y mejoran de manera considerable las respuestas a la resistencia y las condiciones mecánicas del compuesto, permitiendo que puede hacer frente a los posibles problemas que se puedan presentar. b). Recubrimiento de Protección, son los revestimientos que cumplen la función de protección a los efectos ambientales y mecánicos que son altamente dañinos. Los revestimientos de polímeros tienen una diversidad de tipos y estos son: poliuretanos o epoxi, acrílicos basados en cemento, cementos e intumescentes los cuales sirven de base de los polímeros (American Concrete Institute [ACI] 2008).

Con respecto a las propiedades físicas de la fibra de vidrio, tenemos la densidad que resulta muy beneficiosa con respecto al coste de transporte de material, generando una reducción en la carga muerta agregada a la estructura, adicionalmente, nos permite un menor manejo y aplicación en los lugares de trabajo. En sus propiedades mecánicas tenemos el comportamiento de tracción la cual se caracteriza por una relación de tensión elástica lineal hasta que colapse o falle que es repentina y quebradiza. Adicionalmente la resistencia a la rigidez y a la tracción dependerá de ciertos factores como: tipo de fibra, orientación de las fibras, la cantidad de fibras; también el comportamiento a compresión es de manera longitudinal, y puede incluir una falla transversal a la tracción o falla por cizallamiento; esto depende de la fibra que se esté usando y el tipo de resina con el que se trabaja (American Concrete Institute [ACI] 2008).

La clasificación de la fibra de vidrio se divide en dos categorías, las cuales son: Las fibras de uso general (de bajo costo) y las fibras de uso especial. Se conoce que alrededor del 90% de todas las fibras de vidrio que existen son productos de uso general sujeto a las especificaciones de una norma en este caso a la ASTM, las que están sub divididas y son más conocidas como la de Clase E; mientras que el resto de las fibras de vidrio están incluidas en dentro de uso especial (Wallenberger, Watson y Li, 2001)

En la actualidad, sabemos que las fibras solo están clasificadas en dos tipos, y que los más usando comúnmente son las de tipo E, existen una variedad de grupos por la demanda de requerimientos de especificaciones para el uso; estos han sido clasificados y nombrados por las propiedades y características propias que poseen cada una de ellas. Tenemos a las Fibras de clase E (uso general), se calcula que alrededor del 80 y 90% de las fibras que son vendidas en la actualidad, en el refuerzo de materiales son polímeros reforzados con fibra de clase E (Morgado [et al] 2016). Ya que este material FRP presenta buenas propiedades dieléctricas y una excelente capacidad de respuesta ante el fuego. Por ende, este tipo de fibras tiene una gran cantidad de gama de aplicaciones, ya que se usa como: refuerzo, aislamiento, filtración, entre otra variedad de campos como la construcción, la industria y automoción. La principal característica para identificar una fibra tipo E con cualquier otra fibra es la cantidad de boro que esta posee (Flores 2016).

La fibra de vidrio clase “E” puede alternar su cantidad entre 0 al 10% en peso de óxido de boro, es preferible que contenga la menor cantidad debido a las exigencias ambientales y salud. Además, hay una fibra de vidrio de clase E que no presenta boro, la cual se basa en el cuidado del medio ambiente en el proceso de fabricación. Y las Fibras de uso Especial son las fibras que han desarrollado un papel importante en el área comercial, debido a la importancia de sus características que nos permiten trabajar y usarlas en temperaturas muy elevadas (Wallenberger, Watson, Li, 2001). Adicionalmente se usan cuando se requieren altas resistencias a la tracción, o para cuando se tiene que resistir un fuerte ataque químicos o compuestos alcalinos. Así como todo material siempre tiene ventajas y desventajas, conoceremos las de la Fibra de Vidrio.

Las principales ventajas son: una de las mejores resistencias específicas con respecto a todos los metales y los demás materiales de construcción; excelente comportamiento mecánico frente a los esfuerzos: tracción, corte, compresión, flexión e impacto; densidad muy baja, oscila entre 0.03 y 2.0 kg/dm<sup>3</sup>; la resistencia química y a la intemperie es muy elevada prácticamente es inatacables por los mohos y los microorganismos en general; muy elevado comportamiento frente a la corrosión y al ataque de los agentes ambientales; se puede incorporar el color de la pigmentación deseada durante su proceso de fabricación, versatilidad ya que con este material se pueden fabricar todo tipo de productos que se pueden usar en la construcción como: barandillas, escaleras,

plataformas; presenta una gran durabilidad, asegurando una larga vida útil del producto. Y en las principales desventajas tenemos la poca capacidad de ser biodegradable, generando un pequeño malestar con la norma ambiental; su módulo de elasticidad que presenta es relativamente muy bajo con respecto a otros materiales; es imposible la recuperación de los elementos que ya están fuera de uso.

De modo que en la investigación se quiere demostrar la presencia de la fibra de vidrio como estabilizador en el adobe, se cuestiona ¿cuál es el efecto de la fibra de vidrio tipo E sobre la compresión, flexión, absorción y estabilidad dimensional en el adobe?

Por lo tanto, la investigación se justifica de manera teórica debido a que las viviendas construidas con adobe siguen siendo muy usadas a nivel de región de La Libertad, según el INEI-2017 en la actualidad en la región La Libertad indican que el 50% del total de las viviendas son construidas con adobe o tapial. Por consiguiente la idea de dar un producto que presente mejores cualidades con un agregado fácil de conseguir como lo es la fibra de vidrio, así mismo generando un producto con mejores propiedades y que no contamina ya que se puede reutilizar, asegurando un mejor desempeño ante futuros eventos naturales, adicionalmente esta investigación servirá de motivación para las futuras generaciones en investigar nuevos materiales que puedan dar un producto económico y con buenas características mecánicas que servirán como nuevas alternativas de solución para las distintas personas.

El tema de investigación sobre el adobe con fibra de vidrios se realizará bajo el método científico, el cual nos permitirá constatar la validez y la confiabilidad de los resultados obtenidos y nos permitirá que dicha investigación sea aplicada en las distintas construcciones e incluso servirá como base para los nuevos temas de investigación. La investigación del adobe con fibra de vidrio se llevará a cabo de manera práctica porque surge la necesidad de brindar un producto económico que presente mejores propiedades mecánicas ante cualquier tipo de fenómenos naturales, así mismo asegurando un mejor desempeño en los resultados.

Por último, los objetivos planteados son los siguientes: a). objetivo general: evaluar el porcentaje de fibra de vidrio tipo E de 3%, 5% y 7% sobre la resistencia a la compresión, absorción y estabilidad dimensional del adobe. B). objetivos específicos: determinar las propiedades físicas del suelo, como prueba de contenido de humedad, granulometría y límites de Atterberg según lo establecido en la norma NTP E 080; determinar la resistencia a la compresión flexión, absorción y estabilidad dimensional de los bloques de adobe tradicional y los bloques de adobe incorporado con fibra de vidrio tipo E y, realizar el análisis comparativo entre el adobe tradicional y el adobe reforzados con fibra de vidrio.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El presente proyecto de investigación tiene un enfoque cuantitativo, puesto que se recolectará los datos necesarios para probar la hipótesis planteada mediante una medición y análisis numérico.

El tipo de investigación del proyecto es explicativo pues tiene relación causa-efecto entre las variables independiente y variable dependiente.

El diseño de la investigación es Experimental Pura, diseño con post-prueba únicamente y grupo de control, cuya representación se muestra a continuación:

Grupo testigo	sin estímulo	O1
Grupo experimental	estímulo de intensidad $x$	O2
Grupo experimental	estímulo de intensidad $(5/3)x$	O3
Grupo experimental	estímulo de intensidad $(7/3)x$	O4

Donde:

$O_i$  = Medición

$X$  = Estimulo o condición experimental

### 2.2. Operacionalización de variables

#### 2.2.1. Variables Dependientes

- Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)
- Flexión (kg/cm<sup>2</sup>)
- Estabilidad dimensional (mm)
- Absorción (%)

#### 2.2.2. Variables Independientes

- Fibra de vidrio

**Cuadro 1 Matriz de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala de medición</b>
Fibra de Vidrio	Los insumos compuestos de fibras en resina polimérica, son conocidos como polímeros reforzados con fibra, este material surge como alternativa a los materiales tradicionales para la reparación y rehabilitación (ACI, 2008).	La fibra de Vidrio es el material que se adicionará en diferentes proporciones (3%, 5% y 7%) para adicionar mayor resistencia al adobe.	Tiene un efecto positivo en la compresión del adobe	Nominal
			Tiene un efecto negativo en la compresión del adobe	
Resistencia a la Compresión	La resistencia a la compresión es el máximo esfuerzo que puede soportar un material que se encuentra bajo una carga de aplastamiento (ACI, 2008), (ASTM C 67-03a	Es la cantidad de esfuerzo máximo que podrá aguantar el adobe en la prensa hidráulica de compresión para su respectiva ruptura del adobe. Se refleja bajo la norma de NTP 399.613.	En unidades en Kg/cm <sup>2</sup>	Razón
Resistencia a la Flexión	La resistencia a la flexión es el máximo esfuerzo de un material que se aplica en los tercios de luz este hasta que falle (NTP 399.613).	Es la cantidad de esfuerzo máximo que podrá aguantar el adobe en la prensa hidráulica de flexión hasta su respectiva ruptura del adobe.	En unidades en Kg/cm <sup>2</sup>	Razón

Estabilidad Dimensional	La variabilidad dimensional sirve para determinar el espesor de las juntas de albañilería y la resistencia en compresión y corte. NTP 399.613	Es la variación de las dimensiones de largo, ancho, y altura respecto a las dimensiones que exige la norma E.070 de Albañilería y la NTP 399.613	En unidades de mm	Razón
Absorción	La absorción es el aumento en la cantidad de masa del material, cuando es sometido a una saturación total (NTP 399.613, 2005).	Se medirá la capacidad de respuesta del adobe ante el ensayo de absorción con la finalidad de saber su permeabilidad. Se basa en la Norma Técnica Peruana 399.613.	Se medirá en porcentajes: %	Razón

Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La población está compuesta por los adobes tradicionales elaborados artesanalmente con adición de fibra tipo E.

### 2.3.2. Muestra

La muestra a trabajar será de 24 adobes con fibra de vidrio tipo E para 0%, 3%, 5% y 7% de fibra de vidrio tipo E, para cada variable dependiente. Teniendo en cuenta la norma E.070, E.080 y el manual de Edificaciones antisísmicas de adobe que se encuentra en el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

El muestreo empleado es el no probabilístico, pues la NTP 399.613 nos indica el número de muestras como mínimo a realizar para cada ensayo. Para flexión y absorción 5 especímenes, para variación dimensional 10 especímenes. Para ensayos a la compresión la norma E 080 indica un mínimo de 6 muestras a ensayar.

Lo que resulta un total de 96 adobes a realizar, como se muestra en la tabla siguiente:

	0%	3%	5%	7%	
<i>Resistencia a la compresión</i>	6	6	6	6	24
<i>Resistencia a la flexión</i>	6	6	6	6	24
<i>Absorción</i>	6	6	6	6	24
<i>Estabilidad dimensional</i>	10	10	10	10	40
<b>TOTAL</b>					<b>112</b>

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnica

La técnica que se aplica en la presente investigación es la de Observación experimental. La cual nos permitirá tomar información y datos importantes, ya que se realizarán ensayos y se tendrá que tomar nota de la información de manera visual.

### 2.4.2. Instrumentos

Formato de ensayo de Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado (Anexo 1)

Formato de ensayo de Contenido de Humedad (Anexo 2)

Formato de ensayo de Límites de Consistencia (Anexo 3)

Formato de ensayo de Proctor Modificado (Anexo 4)

Instrumentos de laboratorio:

- Tamices
- Taras
- Horno
- Balanza
- Copa de Casa Grande

- Agua destilada
- Vidrio poroso
- Prensa de compresión
- Prensa de Flexión
- Máquina de absorción
- Prensa de Proctor

Software computacional:

- AutoCAD
- S10
- MS Project
- Microsoft Excel

#### **2.4.3. Validez y confiabilidad**

La validez de la investigación será a través de la guía de observación que estará aprobada por el juicio de expertos (Ingenieros Civiles) confirmando que la guía presenta una correcta estructuración.

### **2.5. Procedimiento**

Se realizó una serie de pasos siguiendo un orden establecido para cada una de las actividades de la investigación.

#### **2.5.1. Ubicación y obtención del material**

De todas las adoberas existentes en Trujillo se seleccionó la adobera que se encuentra en la Urbanización San Isidro – Av. Metropolitana II. La adobera fue seleccionada porque cumplió con los ensayos básicos que exige la normativa de estudio de suelos.



Figura 1. Ubicación de la adobera de estudio  
Fuente: Google Maps



Figura 2. Adobera de la Av. Metropolitana II  
Fuente: Google Maps

Ubicación de adobera:

Departamento: La Libertad

Provincia: Trujillo

Distrito: Trujillo - Urb. San Isidro - Av. Metropolitana II

### 2.5.2. Selección de tierra

La norma técnica peruana E.080 nos establece como recomendación para la selección de material para adobes debe ser un suelo con presencia de arcilla, por lo cual la muestra debe ser sometida a ensayos de campo y de laboratorio (Norma NTE E.080, 2017).

El suelo que debemos usar para la elaboración de adobes tiene que estar conformado por estos elementos fundamentales que son arcillas (10-20%), limos (15-25%) y arena (55-77%), ya que son los parámetros que nos recomienda la norma E 080. Evitando en su totalidad a los suelos orgánicos y materias extrañas que puedan alterar de alguna manera la resistencia a la compresión (Norma NTE E. 080, 2017).

Por lo cual, se realizó una comparación de muestras entre dos adoberas para seleccionar el material adecuado, realizando los ensayos de suelo que determina la norma NTE E. 080. Por lo tanto, se recogió material de la adobera que se encuentra en la Av. Metropolitana II para la elaboración de los adobes, pues el tipo de suelo cumplía con lo que exige la norma.



Figura 3. Obtención de material de la Av. Metropolitana II  
Fuente: Elaboración propia

Luego, se transportó el material en sacos cerrados, para evitar que la tierra pierda su humedad natural, hacia el Laboratorio de Suelos de la Universidad Cesar Vallejo.

### 2.5.3. Ensayos de Campo

El suelo que es utilizado para la elaboración de adobes no es cualquier tipo de suelo, es por eso que se debe realizar distintas pruebas que aseguren que se va a trabajar con la tierra adecuada (Blondet, Vargas y Torrealva, 2007)

- Prueba del rollo: Esta prueba consiste en determinar la plasticidad del material, ya que este ensayo nos permitirá saber si es un suelo arcilloso, arenoso o arcillo-arenoso. Se desarrolló tomando un poco de material húmedo y se hizo un rollo con un diámetro de 1.5 cm, el cual quedó suspendido en el aire hasta que rompió, luego se midió la longitud desde uno de sus extremos hasta la parte donde se rompió. Los indicadores para determinar si el material es poco, o muy plástico son los siguientes: si es menor a 5 cm contiene el material contiene mucha arena, si está entre 5cm y 15 cm presenta una adecuada proporción entre arcilla-arena, si el rollo es mayor a 15 cm contiene mucha arcilla.

El rollo se rompió a los 10 cm lo que indica que tiene una adecuada proporción de arcilla y arena.



Figura 4. Prueba del rollo  
Fuente: Elaboración propia

- Prueba de olfato: En este ensayo se comprobará si la muestra de suelo contiene gran cantidad de material orgánico. Primero, se extrajo una pequeña cantidad de muestra húmeda de la adobera y se procedió a olfatear la muestra. Los parámetros para este ensayo son los siguientes: si no presenta olor alguno se está tratando de un material sin materia orgánica. Y si en caso la muestra tiene olor a moho, presenta una gran cantidad de materia orgánica y no podría ser apto para usarla como material para la elaboración del adobe. Al momento de olfatear la muestra no presentó algún olor.



Figura 5. Prueba del olfato  
Fuente: Elaboración propia

- Prueba de la bolita: Esta prueba es para saber la humedad óptima de la tierra, por lo que, se desarrolló haciendo bolitas de 4cm de diámetro y se dejó caer de 1.5m de altura.

Los indicadores son los siguientes: si se queda en una sola pieza tiene mucha humedad, si se deshace totalmente, está muy seca, si se rompe en grandes partes su humedad es la adecuada.



Figura 6. Prueba de la bolita  
Fuente: Elaboración propia

Las bolitas al caer de 1.5 m de altura se rompieron en partes grandes lo que quiere decir que su humedad es la correcta.



Figura 7. Rotura en la prueba de la bolita  
Fuente: Elaboración propia

- Prueba del lavado de manos: Esta prueba se realizó con la intención de establecer la relación arcilla/agua. Se sujetó una cantidad de muestra húmeda con las manos, y se empezó a frotar. Los parámetros para este ensayo fueron los siguientes: si hay presencia de partículas en las manos es un material arenoso o gravoso; si se adhiere en las manos y es necesario lavar con agua, entonces es un material arcilloso; y por último si es pegajosa y se limpia solo con frotar las manos, es un material limoso.



Figura 8. Prueba del lavado de manos  
Fuente: Elaboración propia

- Prueba de la botella: Determina las proporciones de los componentes de la tierra, como son la arcilla, limo y arena. Se llenó una botella hasta la mitad con la tierra y la otra mitad se agregó agua. Se agitó para que las partículas se mantengan suspendidas por un tiempo y luego entren en reposo (sedimentación). Lo recomendable es que la proporción de arcilla-arena-limo sea la siguiente: la arena debe ser 1.5 a 3 veces la cantidad de arcilla y limos.



Figura 9. Prueba de la botella, material hasta la mitad de la botella  
Fuente: Elaboración propia

En los resultados se obtuvo 35% de arcilla y limo, y 65% de arena, es decir, la arena es 1.86 veces la cantidad de arcilla y limos.



Figura 10. Sedimentación de componentes de la tierra  
Fuente: Elaboración propia

- Prueba de corte con cuchillo: Este ensayo se basa en determinar el agregado de arcillas y limos mediante el brillo de sus partículas. Se tomó una cantidad de material húmedo que entre en la mano y se hizo una bolita, y luego se realizó el corte con un cuchillo liso (sin dientes) por la mitad de bolita. Si el corte presenta un brillo entonces nos indica que posee una buena cantidad de arcillas, en caso contrario, si el corte presenta un color oscuro o mate indica que posee gran cantidad de limos.



Figura 11. Prueba de corte de cuchillo  
Fuente: Elaboración propia

- Prueba del disco: Esta prueba se desarrolla para determinar la resistencia de la tierra. Se elaboraron 5 discos de 3 cm de diámetro y 1.5 cm de espesor, luego se dejó reposar por 48 horas para luego romperlos. Si la tierra tiene mala resistencia el disco se aplastará sin dificultad, si tiene buena resistencia el disco no se romperá fácilmente.



Figura 12. Prueba del disco  
Fuente: Elaboración propia

Los discos se rompieron con mucha dificultad, lo que la resistencia de la tierra fue la adecuada.



Figura 13. Rotura de disco  
Fuente: Elaboración propia

- Prueba del color: En este ensayo se valora la clasificación del suelo a través de su color, para se debe recoger una cantidad de muestra seca debido a que el material en estado húmedo puede variar.



Figura 14. Prueba de color  
Fuente: Elaboración propia

La variación de color puede ser:

- Color castaño oscuro, verde limo y negro; indica que no se puede utilizar con el fin de construcción (materia orgánica).
- Color rojizo, marrones; son los suelos altos en óxido de hierro, esto indica suelos resistentes.
- Color pardo, amarillo; son los mejores suelos para ser utilizados en la construcción debido al alto porcentaje de hidrato de carbono.
- Color blanco, gris; son suelos altamente erosionables (yeso, caliza, etc.)
- Color gris claro; son los que presenta gran cantidad de limos, lo que indica que son de menor resistencia.



Figura 15. Muestra seca en la prueba de color  
Fuente: Elaboración propia

En la muestra ensayada, la tierra presenta color pardo, es decir, que tiene el color apropiado para la construcción, según los parámetros de la prueba de color.

#### 2.5.4. Ensayos de propiedades físicas

Las cualidades físicas de un suelo son dadas por la unión de sus componentes que pueda presentar como olor, color, textura, estructura, consistencia, dureza, las cuales deben mantenerse tal cual a sus propiedades originales.

Por lo tanto, la muestra fue sometida a ensayos para determinar los componentes del suelo en estudio. Los ensayos realizados fueron: contenidos de humedad, granulometría, límites líquido y límite plástico. Todos estos ensayos se encuentran en la Norma Técnica Peruana, con el fin de conocer las propiedades físicas del suelo a analizar.

Cuadro 1. Ensayos para determinar las propiedades físicas del adobe

	<b>Norma</b>	<b>Ensayos</b>
<b>Ensayos según la norma E.080</b>	NTP 339.127/ASTM D-2216	Contenido de Humedad
	NTP 339.128/ASTM D-422	Análisis Granulométrico
	NTP 339.129/ASTM D-4318	Límite Líquido Límite Plástico

Fuente: Elaboración propia

- **Contenido de Humedad**

Este ensayo consistió en determinar la humedad natural que tiene la tierra, secando en un horno  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$ , con esto se logró que la muestra quede completamente libre de humedad tras el proceso de secado. Por lo tanto, la cantidad de agua que se perdió fue la humedad representada en porcentaje con respecto a la muestra.

Instrumentos:

- Horno con temperatura de  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$
- Balanza gramera de  $\pm 0.01\text{g}$
- Recipientes/taras

#### Preparación de la muestra:

La norma NTP 3339.127/ASTM D-2216 indica que la muestra tiene que ser inalterada; luego ser transportada en bolsas herméticas para no pierda humedad, adicionando un periodo de secado en el horno de 16 a 24 horas.

#### Procedimiento:

- Se utilizó 3 recipientes limpios y secos para el ensayo.
- Se pesó los recipientes y luego se le añadió muestra hasta los  $\frac{3}{4}$  de cada recipiente, posteriormente se pesó el recipiente lleno con la muestra.
- Luego se colocó en el horno por un intervalo de 16 a 24 horas máximo.
- Después del tiempo de secado se pesó el recipiente con la muestra seca y se registró los datos, luego se calculó el porcentaje de humedad.



Figura 16. Contenido de humedad  
Fuente: Elaboración propia

- Se calculó el porcentaje de humedad del material con la siguiente fórmula:

$$W = ((m2 - m3)/(m3 - m1)) * 100$$

Donde:

W = contenido de agua (%)

M1 = masa de recipiente (g)

M2 = masa del recipiente y del suelo húmedo (g)

M3 = masa del recipiente y del suelo seco (g)

- Granulometría

En este ensayo se determinó la distribución de las partículas de la tierra, es decir, separación de las partículas con respecto a su tamaño, mediante tamices.

Instrumentos:

- Balanza  $\pm 0.01\text{g}$
- Tamices N°  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{3}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ , 4, 8, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100 y 200
- Cepillo para tamices
- Recipientes
- Horno con temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$

Preparación de la muestra:

La norma NTP 339.128/ASTM D-422 indica que se debe utilizar como mínimo 1000g de material, secado previamente en el horno durante un intervalo de tiempo de 16 a 24 horas.

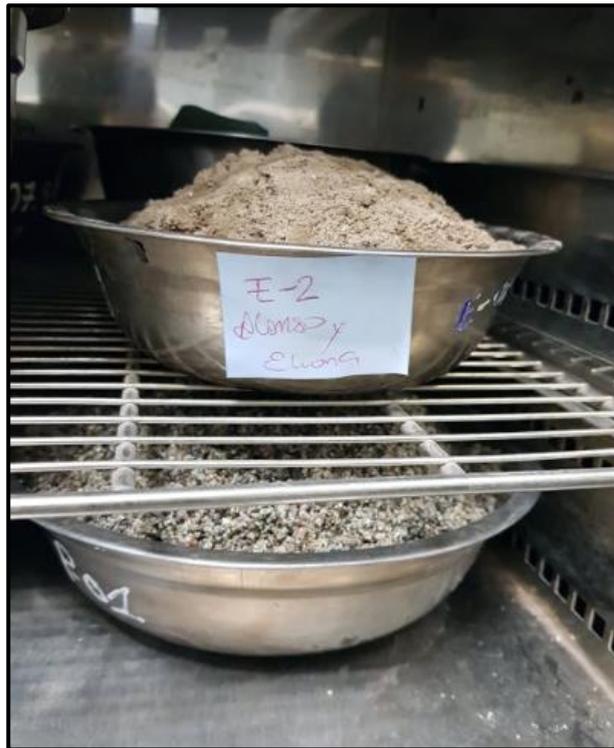


Figura 17. Muestra colocada en el horno durante 24 horas

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento:

- Sacamos la muestra que se dejó en el horno durante 24 horas máximo.
- Se pesó 1200g en un recipiente que luego fue tamizado.
- Se preparó la torre de tamices desde el tamiz N° ½" hasta el tamiz N° 200.
- Se introdujo la muestra en la torre de tamices y se empezó a dar movimientos circulares para que las partículas puedan descender y ser retenidas en el tamiz que corresponde. El proceso se realizó durante 5 min.
- Después que se tamizó la torre de tamices, se tamizó malla por malla por un minuto para cada tamiz.
- Se tomó datos de los pesos retenidos en cada tamiz.



Figura 18. Ensayo de granulometría por tamizado  
Fuente: Elaboración propia

Se calcularon los porcentajes que pasaron y porcentajes de material que quedó retenido de la muestra tamizada.

Con los valores que se obtuvieron se clasificó el suelo según AASHTO y SUCS.

Cuadro 2. Clasificación de suelo según AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limo arcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 más.		...								
No. 40 (425µm)	30 más.	50 más.	51 mm.								...
No.1 200 (75 µm)	15 más.	25 más.	10 , Mar	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 más.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín..
Consistencia											
Límite líquido	..			B				40 más.	41 mín.	40 más.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 mis.		N.P.	B				10 más.	10 más.	11 mín.	11 mín.B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena fina		Arena	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

Fuente: ASTM D-3282

A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30 El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30

IDENTIFICACION EN EL CAMPO				SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION EN EL LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL ES RETENIDO POR EL TAMIZ # 200	GRAVAS - MAS DE LA MITAD DE LA FRACCION GRUESA ES RETENIDA POR EL TAMIZ # 4	GRAVAS CON LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>GW</b>	GRAVA BIEN GRADUADA, MEZCLA DE GRAVA Y ARENA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS.	DETERMINESE LOS PORCENTAJES DE GRAVA Y ARENA A PARTIR DE LA CURVA GRANULOMETRICA SEGUN EL PORCENTAJE DE FINOS (FRACCION QUE PASA POR EL TAMIZ # 200) LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE:  MENOS DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%  EMPLEO DE SIMBOLOS DOBLES	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} - D_{60})}$ ENTRE  NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} - D_{60})}$ ENTRE  NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW  LIMITES DE ATTERBERG POR DE BAJO DE LA LINEA "A" O $I_p$ MENOR DE 4 POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIERAN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES  LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O $I_p$ MENOR DE 7 POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIERAN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES		
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>GP</b>	GRAVAS MAL GRADUADAS, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA CON POCOS FINOS O SIN ELLOS.				
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	PLASTICA (PARA LA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	<b>GM</b>	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLAS MAL GRADUADAS DE GRAVA, ARENA Y LIMO				
	ARENAS CON LIMPIAS (CON POCOS FINOS O SIN ELLOS)	AMPLIA GAMA DE TAMAÑOS Y CANTIDADES APRECIABLES DE TODOS LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>SW</b>	ARENAS BIEN GRADUADAS, ARENAS CON GRAA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS					
	ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	PREDOMINIO DE UN TAMAÑO O UN TIPO DE TAMAÑO, CON AUSENCIA DE ALGUNOS TAMAÑOS INTERMEDIOS	<b>SP</b>	ARENAS MAL GRADUADAS, ARENAS CON GRAA, CON POCOS FINOS O SIN ELLOS					
	ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	FINOS NO PLASTICOS (PARA IDENTIFICACION VER EL GRUPO ML MAS ABAJO)	<b>SM</b>	ARENAS LIMOSAS, MEZCLAS DE ARENA Y LIMO MAL GRADUADAS					
SUELOS DE GRANO FINO - MAS DE LA MITAD DEL MATERIAL PASA POR EL TAMIZ # 200	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MENOR DE 50	RESISTENCIA EN ESTADO SECO (A LA DESGREGACION)	DILATACION (REACCION A LA AGITACION)	TENACIDAD (CONSISTENCIA CERCA DEL LIMITE)	UTILICESE LA CURVA GRANULOMETRICA PARA IDENTIFICAR LAS FRACCIONES DE SUELOS INDICADAS EN LA COLUMNA DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO	MENOS DEL 5% MAS DEL 12% 5% AL 12%  EMPLEO DE SIMBOLOS DOBLES	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} - D_{60})}$ ENTRE  NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS GW  $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ MAYOR DE 4; $C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{10} - D_{60})}$ ENTRE  NO SATISFACE TODOS LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS DE LAS SW  LIMITES DE ATTERBERG POR DE BAJO DE LA LINEA "A" O $I_p$ MENOR DE 4 POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIERAN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES  LIMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LINEA "A" O $I_p$ MENOR DE 7 POR ENCIMA DE LA LINEA "A", CON $I_p$ ENTRE 4 Y 7; CASOS LIMITES QUE REQUIERAN EL USO DE SIMBOLOS DOBLES		
		NULA A LIGERA	APIDA A LENTA	NULA				<b>ML</b>	LIMOS INORGANICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLAS CON LIGERA PLASTICA
		MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	MEDIA				<b>CL</b>	ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD BAJA A MEDIA, ARCILLAS CON GRAVA, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS MAGRAS
	LIGERA A MEDIA	LENTA	LIGERA	<b>OL</b>				LIMOS ORGANICOS Y ARCILLAS LIMOSAS ORGANICAS DE BAJA PLASTICIDAD	
	LIGERA A MEDIA	LENTA A NULA	LIGERA A MEDIA	<b>MH</b>				LIMOS INORGANICOS, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICACEOS O CON DIATOMEAS, LIMOS ELASTICOS	
	ALTA A MUY ALTA	NULA	ALTA	<b>CH</b>				ARCILLAS INORGANICAS DE PLASTICIDAD ELEVADA, ARCILLAS GRASAS	
SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS	LIMOS Y ARCILLAS CON LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50	MEDIA A ALTA	NULA A MUY LENTA	LIGERA A MEDIA	<b>OH</b>	ARCILLAS ORGANICAS DE PLASTICIDAD MEDIA A ALTA			
		FACILMENTE IDENTIFICABLES POR SU COLOR, OLOR, SENSACION ESPONJOSA Y FRECUENTEMENTE POR SU TEXTURA FIBROSA			<b>Pt</b>	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS			

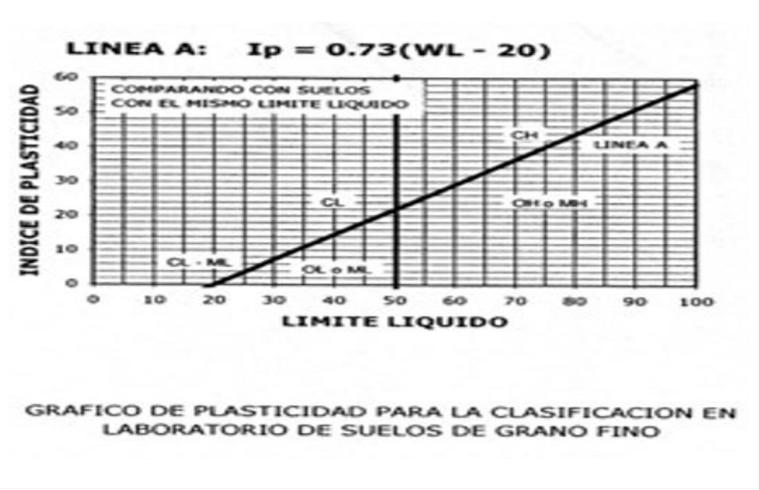


Figura 19 Clasificación de suelos según SUCS  
Fuente: ASTM D-2487

Luego se comparó los valores de los sistemas de clasificación AASHTO y SUCS.

Cuadro 3. Comparación de método SUCS y método AASHTO

Grupo del suelo en el Comparación de los grupos de suelos en el sistema Unificado

sistema AASHTO	Más Probable	Posible	Posible pero improbable
A-1-a	GW, GP	SW, SP	GM, SM
A-1-b	SW, SP, GM, SM	GP	
A-3	SP		SW, GP
A-2-4	GM, SM	GC, SC	GW, GP, SW, SP
A-2-5	GM, SM		GW, GP, SW, SP
A-2-6	GC, SC	GM, SM	GW, GP, SW, SP
A-2-7	GM, GC, SM, SC		GW, GP, SW, SP
A-4	ML, OL	CL, SM, SC	GM, GC
A-5	OH, MH, ML, OL		SM, GM
A-6	CL	ML, OL, SC	GC, GM, SM
A-7-5	OH, MH	ML, OL, CH	GM, SM, GC, SC
A-7-6	CH, CL	ML, OL, SC	OH, MEI, GC, GM, SM

Fuente: Mecánica de suelo I (Geotecnología)

- Límite líquido

Para determinar el límite líquido se secó la muestra en el horno, luego se tamizó por el tamiz N° 40. En este ensayo se determinó el contenido de agua entre su estado líquido y plástico mediante la Copa de Casagrande.

Instrumentos:

- Malla N° 40
- Copa de Casa Grande
- Ranurador
- Recipiente para mezclar
- Espátula
- Horno con temperatura de  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$
- Piseta con agua destilada
- Taras o recipientes para recolectar la muestra



Figura 20. Instrumentos para el ensayo de límite líquido  
Fuente: Elaboración propia

Procedimiento:

- Pesamos 200g de muestra y vertimos en el recipiente, agregando 10ml de agua destilada, se mezcló hasta que se obtuvo una consistencia uniforme.
- Se colocó una porción de mezcla en la copa de Casa Grande.
- Se niveló con la espátula hasta dejar una superficie lisa y uniforme. Seguido, con el ranurador se hizo un corte en la superficie.
- Luego, se realizó los golpes en la copa de Casa Grande con un intervalo de 2 golpes por segundo, hasta observar que la parte donde se hizo el corte empiece a juntarse (alrededor de 1cm).
- Se realizaron golpes según los parámetros de la copa de Casa Grande: 15 – 25 golpes, 20 – 30 golpes, 25 – 30 golpes.
- Se hace un corte a la parte que cerró, luego se recogió con la espátula, se colocó en un recipiente y se pesó.
- Después de que se obtuvo las 3 muestras que cumplieron con los parámetros, se llevan al horno con una temperatura de  $110^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$  por un periodo de 16 a 24 horas.
- Pasado el tiempo de secado, se pesa las muestras para calcular la humedad que ha perdió cada muestra.



Figura 21. Ensayo de límite líquido (Copa de Casagrande)  
Fuente: Elaboración propia

Cálculos:

Para representar los resultados del contenido de humedad y el número de golpes de cada muestra con gráficos de interacción.

- Límite Plástico

Para determinar el límite plástico la muestra debe haber estado previamente secada y tamizada por el tamiz N° 40, este ensayo sirve para conocer el contenido de humedad entre su estado plástico y sólido. Se realizó el ensayo haciendo unas bolitas que luego fueron rotadas con las manos hasta formar unas tiras o rollos de 3mm de diámetro, si el rollo se rompe a los 3mm se debe recoger las partes que se han roto.



Figura 22 Ensayo de límite plástico  
Fuente: Elaboración propia

Instrumentos:

- Recipientes/taras
- Espátula
- Vidrio de doble cara (poroso y liso)
- Horno a temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Vernier
- Piseta con agua destilada



Figura 23. Rotura de rollos de la muestra ensayada  
Fuente: Elaboración propia

### 2.5.5. Ensayos mecánicos

Todas las muestras fueron sometidas a los reglamentos de la norma técnica peruana con el fin de obtener datos reales y comprobar la veracidad de estos, cumpliendo con las exigencias mínimas según las normas.

Las normas son:

Ensayos Mecánicos	
Norma	Ensayos
NTE E 0.80/ NTP 399.613	Ensayo de compresión
NTP 399.613	Ensayo de Flexión
NTE E 0.70/ NTP 399.613	Absorción
NTE E 0.70/ NTP 399.613	Variación Dimensional

(a) Resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión se medirá con un número mínimo de testigos de 6 unidades, ya sea en cubos de 0.1 m de aristas, por unidad enteras o dos medias unidades separadas por junta de mortero. Según la norma NTE E 0.80 nos indica que la resistencia última de un adobe es igual a: 1.0 MPa = 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>.

La carga de compresión se aplica de forma perpendicular a la muestra, Si nuestra unidad es deformable o irregular se debe aplicar un capeado de azufre en polvo con arcilla refractaria o con cal, se vierte en toda el área de la muestra y se nivela hasta lograr una superficie uniforme, entonces cuando los cabezales de la máquina de compresión ejercen presión se espera que él culmine, ensayo dura hasta la rotura de la muestra arrojando el valor máximo de la carga aplicada.

$$f = \frac{Cm}{A}$$

Se determina la resistencia a la compresión (Cm) dividiendo la fuerza de rotura entre el área total (A) de la muestra

Donde:

f = Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)

Cm = Carga máxima aplicada (kg)

A = Área donde se aplica la carga (cm<sup>2</sup>)

(b) Resistencia a la flexión

No hay ninguna norma que nos hable sobre flexión en adobes ya que el valor es muy bajo, pero la NTP 399.613 nos indica que las muestras mínimas a ensayar son de 5 unidades para el ensayo de resistencia a la flexión.

El ensayo consiste en que la máquina de ensayo de flexión aplique una carga a una velocidad constante, debido a que la carga aplicada se encuentra ubicada en el tercio de luz libre.

La máquina a ensayar es ELE serie T automático, con error de +/- 0.5%, con una velocidad de carga igual a 0.050 KN/seg.

$$Rf = \frac{3 * F * a}{2 * b * h^2}$$

Donde:

Rf = Modulo de rotura (MPa)

F = Carga máxima (KN)

a = Luz entre apoyos (mm)

b = Ancho promedio de la muestra (mm)

h = Altura promedio de la probeta (mm)

(c) Estabilidad dimensional y alabeo

Este ensayo se presenta el valor de porcentaje, se establece que la variación dimensional tiene que ser aplicada a toda la muestra a ensayar con respecto a su largo, ancho y alto, según la norma de Albañilería E 0.70.

$$\%V = \frac{DN - DP}{DN} * 100$$

Donde:

%V = Variación dimensional en porcentaje

DN = Dimensión nominal o específica (mm)

DP = Dimensión promedio de cada lado (mm)

Cuadro 4. Parámetros de variación dimensional

<b>TABLA 1</b>					
<b>CLASE DE UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA FINES ESTRUCTURALES</b>					
<b>CLASE</b>	<b>VARIACION DE LA DIMENSIÓN</b> (máxima en porcentaje)			<b>ALABEO</b> (máximo en mm)	<b>RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN</b> f <sup>b</sup> mínimo en MPa (kg/cm <sup>2</sup> ) sobre área bruta
	<b>Hasta 100 mm</b>	<b>Hasta 150 mm</b>	<b>Más de 150 mm</b>		
<b>Ladrillo I</b>	±8	±6	±4	10	4,9 (50)
<b>Ladrillo II</b>	±7	±6	±4	8	6,9 (70)
<b>Ladrillo III</b>	±5	±4	±3	6	9,3 (95)
<b>Ladrillo IV</b>	±4	±3	±2	4	12,7 (130)
<b>Ladrillo V</b>	±3	±2	±1	2	17.6 (180)
<b>Bloque P(1)</b>	±4	±3	±3	4	4,9 (50)
<b>BLOQUE NP(2)</b>	±7	±6	±4	8	2,0 (20)

Fuente 1: NTE E 070 - Albañilería

El ensayo de estabilidad dimensional es una propiedad física que tiene que ver con el comportamiento del muro. Porque si presenta una variación dimensional excesiva nos indica que el espesor de la junta sea más grande, denotando que a mayor tamaño de junta la resistencia a la compresión del muro será menor.

El alabeo al igual que la variación dimensional tiene que ver con el espesor de las juntas, ya sea por concavidad o convexidad. El alabeo consiste en colocar una muestra sobre una superficie plana, para luego introducir la cuña metálica que debe estar graduada al milímetro en las zonas donde se encuentre más alabeada. Para esto se debe colocar una regla metálica uniendo ambos extremos opuestos diagonalmente. Finalmente, el resultado promedio se expresa en milímetros.

(d) Absorción

El ensayo de absorción en ladrillos es la capacidad de la muestra de retener agua, y esto está definido como ladrillo más el peso de agua absorbido y su propio peso seco, y dicho valor se expresa en porcentaje.

$$\%abs = \frac{Lsat - Lsec}{Lsec} \times 100$$

Donde:

Abs = Porcentaje de absorción

Ws= Muestra saturada en agua durante 24 horas

Wd = Muestra secada al horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$  C durante 24 horas.

La NTP E 0.80 nos indica que la absorción en adobes es sin límites, ya que su composición es arena, arcillas y limos más una adicción de paja del 20% del total.

Para el proceso de absorción, se seleccionó los especímenes a ensayar y se llevaron al horno durante 24 horas a una temperatura de  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$  C. Luego de las 24 horas de secado se pesaron, después se procedió a sumergir en agua fría durante un periodo no mayor de 24 horas, luego de que las

muestras ensayadas fueron sumergidas se pesaron para poder saber el porcentaje de absorción que presentan.

#### 2.5.6. Elaboración de los adobes

Para elaborar los adobes hay consideraciones dadas por la NTP E.080 como las características del suelo que debe presentar arena, arcilla y limos adicionando agua y fibra natural, la fibra se utiliza con el fin de logra una correcta adherencia en la mezcla para luego poder verterlos en los moldes y posteriormente ponerlos a secar durante 30 días aproximadamente y luego ser almacenados.

Los adobes deben presentar ciertos requerimientos que aseguren su calidad.

- No deben presentar grietas, ni deformaciones
- Debe resistir el peso promedio de una persona durante un minuto. Se coloca un adobe apoyado entre otros dos a una distancia de 5cm.
- La resistencia a la compresión mínima es  $1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2$ .

#### 2.5.7. Molde: Forma y dimensiones:

La forma del adobe puede ser cuadrada o rectangular, también de formas especiales, esto en el caso de encuentros con ángulos distintos de  $90^\circ$ .

Los adobes de forma rectangular tienen que cumplir las siguientes proporciones.

- El lado más largo del adobe debe ser el doble del ancho.
- La relación entre largo y altura deber de 4 a 1.
- La dimensión de la altura del adobe debe estar en un rango de 8 a 12 cm.

Los adobes de forma cuadrada no deben medir más de 40cm, debido al peso. (Norma Técnica de Edificaciones [NTE] E.080, 2017)

Para esta investigación se optó por el adobe de forma rectangular, cumpliendo con los parámetros para las dimensiones del adobe que dicta la NTE E.080, teniendo así:

Largo = 24cm, Ancho = 11 cm, Espesor = 9 cm



Figura 24. Molde para la elaboración de los adobes  
Fuente: Elaboración propia

#### 2.5.8. Preparación de los adobes

Para preparar el barro se debe eliminar las piedras mayores a 5mm y alguna especie de vegetación que intervenga en la preparación, por lo que se debe tamizar o cernir por la malla N° 4 para obtener una tierra limpia y así mismo permita una mejor mezcla.

Para la preparación de la mezcla se utilizó plástico como base para evitar que la mezcla tenga contacto con la vegetación que se encuentra al exterior de los laboratorios de la Universidad de Cesar Vallejo.



Figura 25 Plástico como base para la preparación de la mezcla  
Fuente: Elaboración propia

Luego se realizó la mezcla para el adobe tradicional, el cual consistió de tierra, agua y paja. Para la mezcla, primero se colocó la tierra y luego se hizo una especie de hoyo en medio para agregar el agua y así vaya penetrando en la tierra. Con la ayuda de la pala se extendió el agua para que cubra a todo el material. Luego mezclamos con los pies, para evitar que la pala rompa el plástico, hasta conseguir una mezcla homogénea.



Figura 26. Mezcla de tierra y agua  
Fuente: Elaboración propia

Después se dejó reposar la mezcla por 48 horas, esto para que el agua penetre en todo el materia. A esta etapa se le conoce como “dormido”, que se encuentra dado en la NTE E.080, que consiste en que la tierra húmeda debe estar cubierta por lo menos 48 horas para activar la mayor cantidad de partículas arcillas, previo al amasado con la paja.



Figura 27. Etapa de "dormido" de la mezcla  
Fuente: Elaboración propia

Pasado la etapa de “dormido” se empieza con la etapa de amasado agregando hasta como máximo 20% de agua del total de tierra según la NTE E.080, ya que si se excede dicha cantidad los adobes pueden presentar fisuras durante la etapa de secado. Luego se agregó la paja picada, la cual debe tener 5cm para evitar que haya desperfectos a la hora de moldear los adobes, y disminuir alguna grieta o fisura y lograr la resistencia. A la preparación se le agregó el 2% de paja en volumen del total de material. Y se mezcló nuevamente, agregando agua hasta que la mezcla estuvo homogénea.



Figura 28. Paja picada para la mezcla de adobes  
Fuente: Elaboración propia

Para la preparación, los porcentajes de paja y fibra de vidrio tanto para las adobes patrón y los adobes estabilizados fueron los siguientes:

- Suelo – paja  
Adobe con 2% de paja
- Suelo – paja – fibra de vidrio tipo E  
Adobe con 2% de paja y 3% de fibra de vidrio  
Adobe con 2% de paja y 5% de fibra de vidrio  
Adobe con 2% de paja y 7% de fibra de vidrio



Figura 29. Elaboración de mezcla con paja y fibra de vidrio tipo E  
Fuente: Elaboración propia

Previo al moldeo de los adobes, se retiró cualquier tipo de maleza o vegetación para la colocación de los adobes para la etapa del secado.

Por lo tanto, para la etapa del moldeo, se remojó el molde para evitar que la mezcla se quede pegada en el molde y de esa manera se pueda desmoldar con mayor facilidad. Luego se colocó la mezcla en el molde, se formó una masa grande y se tiró al molde con fuerza para empezar a moldear, retirando los excesos, luego con una regla se enrasa para quitar algún excedente.



Figura 30. Elaboración de adobes: etapa de moldeo  
Fuente: Elaboración propia

Terminado la elaboración de adobes, se debe dejó secar durante 28 días aproximadamente según NTE E080. En el transcurso de los 3 a 5 primeros días, los adobes se colocaron en canto para su correcto secado durante los días restantes.



Figura 31. Secado de adobes  
Fuente: Elaboración propia

Finalmente culminado la etapa de secado (30 días) los adobes no deben presentar grietas, ni deformaciones. Por lo cual, se realiza una prueba de resistencia, para ello, una persona debe permanecer sobre un adobe apoyado en otros dos, de tal manera que resista el peso de la persona durante 1 minuto.



Figura 32. Prueba de resistencia del adobe  
Fuente: Elaboración propia

## 2.6. Método de análisis de datos

El procesamiento de datos se realizará mediante el uso del software Microsoft Excel, también se utilizará el programa SPSS para realizar el análisis estadístico teniendo en cuenta ANOVA y Turkey con los datos obtenidos en el laboratorio, generando como resultados gráficos y tablas con su respectiva interpretación.

## 2.7. Aspectos éticos

Para obtener resultados confiables se debe respetar y utilizar adecuadamente las normas técnicas peruanas E.070 de Albañilería Confinada, E.080 de Diseño y Construcción con tierra reforzada y el manual de construcción de Edificaciones antisísmicas de adobe del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, cumpliendo con todos los parámetros y recomendaciones de los ensayos. Asimismo, aplicando la metodología que corresponda. Por otro lado, no se debe manipular los datos, para obtener resultados verídicos, sin la necesidad de alterarlos para nuestra conveniencia y beneficio.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Ensayos para clasificación de suelo

##### 3.1.1. Contenido de humedad

Cuadro 5. Contenido de humedad

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216/NTP 339.127</b>			
<b>Tara N°</b>	P-26	R-48	R-28
<b>Peso de la tara (g)</b>	9.31	8.57	8.90
<b>Peso de la tara + suelo húmedo (g)</b>	89.54	94.13	96.77
<b>Peso de la tara + suelo seco (g)</b>	82.54	86.46	89.63
<b>Peso del suelo seco (g)</b>	73.23	77.89	80.73
<b>Peso del agua (g)</b>	6.98	7.67	7.14
<b>Humedad (%)</b>	9.53	9.85	8.84
<b>Humedad promedio (%)</b>	9.41		

Fuente: Elaboración propia

Según el cuadro, el contenido de humedad de la muestra es de 9.41%. Lo cual nos indica que la muestra a utilizar presenta la cohesión suficiente para poder moldear bien los adobes.

##### 3.1.2. Límites de Atterberg

Cuadro 6. Límites de consistencia

<b>LIMITES DE ATTERBERG</b>					
	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	ASTM D-4318/NTP 339.129			ASTM D-4318/NTP 339.129	
<b>Tara N°</b>	E-02	B-06	B-01	D-09	H-09
<b>Golpes</b>	17	24	28	-	-
<b>Peso de la tara (g)</b>	51.80	49.32	51.63	51.99	50.08
<b>Peso de la tara + suelo húmedo (g)</b>	53.16	50.39	53.01	52.43	50.50
<b>Peso de la tara + suelo seco (g)</b>	52.83	50.13	52.72	52.33	50.42
<b>Contenido de humedad (%)</b>	36.00	32.10	30.19	29.41	23.53
<b>Límites (%)</b>	32			26	

Fuente: Elaboración propia

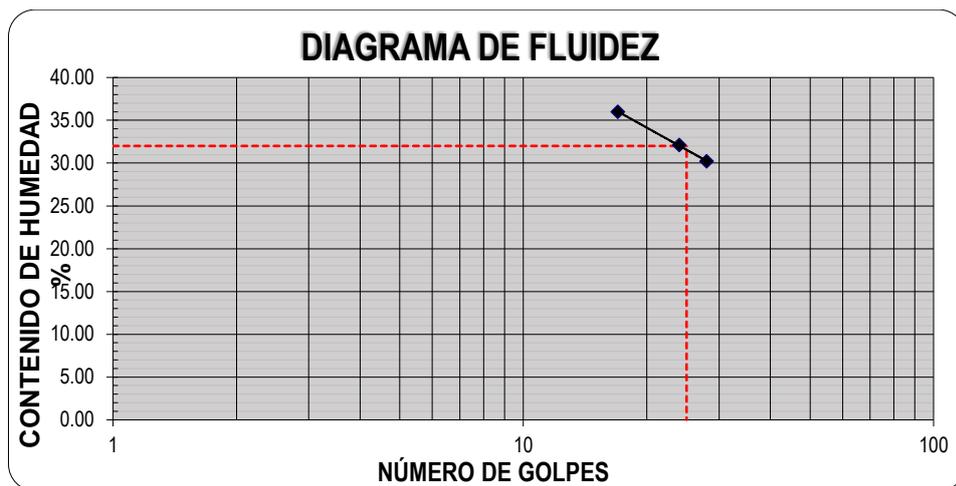


Figura 33. Diagrama de fluidez  
Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3. Análisis Granulométrico

Cuadro 7. Granulometría

GRANULOMETRIA					
Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	%Que
ASTM	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.360	8.90	0.74	0.74	99.26
10	2.000	3.10	0.26	1.00	99.00
16	1.180	31.30	2.61	3.61	96.39
20	0.850	21.90	1.83	5.43	94.57
30	0.600	26.30	2.19	7.63	92.38
40	0.420	102.20	8.52	16.14	83.86
50	0.300	179.60	14.97	31.11	68.89
60	0.250	71.20	5.93	37.04	62.96
80	0.180	254.60	21.22	58.26	41.74
100	0.150	100.20	8.35	66.61	33.39
200	0.074	163.10	13.59	80.20	19.80
< 200		237.60	19.80	100.00	0.00
Total		1200.00	100.00		

Fuente: Elaboración propia

Según el cuadro, se obtuvo de la granulometría:

- El 100% pasa la malla N° 4
- El 19.80% pasa la malla N° 200
- El índice de plasticidad es 6

Por lo tanto, el suelo analizado sirve para la elaboración de adobes, según lo determina la norma E.080, puesto que la clasificación del suelo debe estar de acuerdo a: arena 55 a 70%, arcilla 10 a 20 % y limo 15 a 25%.

### 3.1.4. Clasificación de suelo

Con los resultados anteriormente obtenidos se tiene que los valores de índice de plasticidad se encuentran entre 4 y 7, por lo tanto, la clasificación es la siguiente:

Según clasificación SUCS: SM – SC / Arena limo – arcillosa

Según clasificación AASHTO: A-2-4 / arena limo o arcillosa

Cuadro 8. Clasificación de suelo

GRANULOMETRIA						
Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	%Que	CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM	(mm)	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa	
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	9.41%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	LÍMITES E ÍNDICES DE CONSISTENCIA
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 26
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 6
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	CLASIFICACIÓN DE LA MUESTRA
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00	AASHTO : A-2-4 (0)
8	2.360	8.90	0.74	0.74	99.26	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  SUCS: Arena limo - arcillosa AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno Tiene un % de finos de = 19.80%
10	2.000	3.10	0.26	1.00	99.00	
16	1.180	31.30	2.61	3.61	96.39	
20	0.850	21.90	1.83	5.43	94.57	
30	0.600	26.30	2.19	7.63	92.38	
40	0.420	102.20	8.52	16.14	83.86	
50	0.300	179.60	14.97	31.11	68.89	
60	0.250	71.20	5.93	37.04	62.96	
80	0.180	254.60	21.22	58.26	41.74	
100	0.150	100.20	8.35	66.61	33.39	
200	0.074	163.10	13.59	80.20	19.80	
< 200		237.60	19.80	100.00	0.00	
Total		1200.00	100.00			

Fuente: Elaboración propia

## 3.2. Ensayos a las unidades de adobe

### 3.2.1. Resistencia a la compresión

Cuadro 9. Resistencia a la compresión al adobe tradicional

0% fibra de vidrio tipo E	Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	22.8
	2	22.4
	3	22.4
	4	22.5
	5	22.6
	6	22.4
	<b>Promedio</b>	<b>22.52</b>

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 3 se observa que los resultados de los adobes tradicionales sometidos a compresión tienen un promedio de 22.52 kg/cm<sup>2</sup>, resistencia que es superior al valor de la resistencia mínima a compresión para una unidad de adobe.

Cuadro 10. Resistencia a la compresión para adobes con 2% de fibra de vidrio tipo E

3% fibra de vidrio tipo E	Espécimen	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	15.0
	2	17.0
	3	17.3
	4	16.3
	5	16.0
	6	16.9
	<b>Promedio</b>	<b>16.42</b>

Fuente: Elaboración propia

Los valores que se muestran en el Cuadro 4 oscilan desde 15.00 Kg/cm<sup>2</sup> hasta 17.30 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo un promedio de 16.42 kg/cm<sup>2</sup>, valor superior al de la norma E 080, pero más bajo que el resultado de adobe tradicional.

Cuadro 11. Resistencia a la compresión para adobes con 3% de fibra de tipo E

<b>5% fibra de vidrio tipo E</b>	<b>Espécimen</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	<b>1</b>	13.70
	<b>2</b>	13.80
	<b>3</b>	13.60
	<b>4</b>	13.40
	<b>5</b>	13.60
	<b>6</b>	13.30
	<b>Promedio</b>	<b>13.57</b>

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 5, los valores presentan un promedio de 13.57 kg/cm<sup>2</sup>, y aunque el resultado promedio sigue superando la resistencia mínima, el resultado promedio a comparación del adobe tradicional y adobe con adición de 3% de fibra de vidrio sigue bajando.

Cuadro 12. Resistencia a la compresión para adobes con 7% de fibra de vidrio tipo E

<b>7% fibra de vidrio tipo E</b>	<b>Espécimen</b>	<b>Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	<b>1</b>	11.60
	<b>2</b>	12.10
	<b>3</b>	11.80
	<b>4</b>	11.70
	<b>5</b>	11.80
	<b>6</b>	11.80
	<b>Promedio</b>	<b>11.80</b>

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 6, los resultados con adición de 7% de fibra de vidrio tipo E presentan una gran diferencia a comparación del adobe tradicional que presentaba una resistencia promedio de 22.52 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo, la resistencia promedio de 11.80 sigue siendo superior a la resistencia mínima según la norma E 080.

Cuadro 13. Resumen de la resistencia a la compresión

Adobe con fibra de vidrio tipo E	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	22.52
3%	16.42
5%	13.57
7%	11.80

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del cuadro 7 presentan los promedios de la resistencia a la compresión para adobes tradicionales y adobes con fibra de vidrio, teniendo así, que el resultado que alcanza mayor resistencia a la compresión es el adobe tradicional con 22.52 kg/cm<sup>2</sup>.

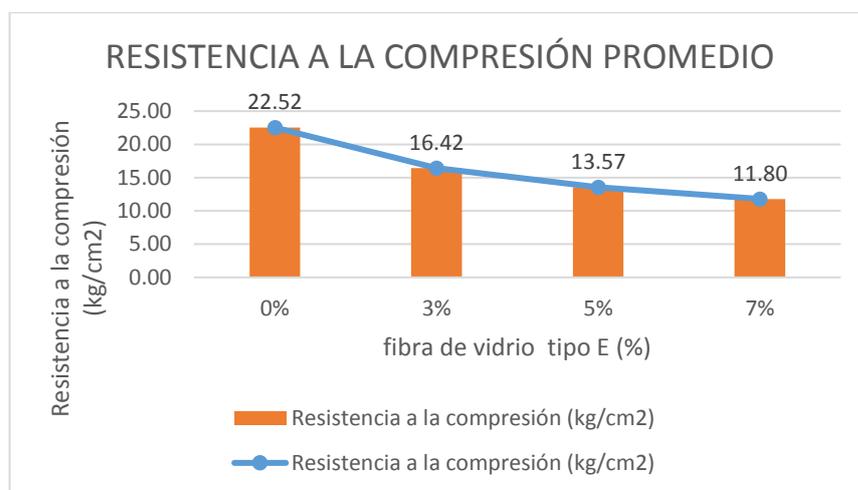


Figura 34. Resistencia promedio a la compresión

Fuente: Elaboración propia

En la figura 33, se puede observar que las resistencias a la compresión más alta presentan los adobes tradicionales con un promedio de 22.52 kg/cm<sup>2</sup>, y a medida que se agrega más porcentaje de fibra de vidrio tipo E, la resistencia va descendiendo, es decir, que mayor de 7% de fibra de vidrio, la resistencia puede igualar o ser menor que la resistencia mínima que exige la norma E080.

### 3.2.2. Resistencia a la flexión (Módulo de rotura)

Cuadro 14. Resistencia a la flexión para adobes tradicionales

0% fibra de vidrio tipo E	Espécimen	Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	4.66
	2	3.96
	3	4.40
	4	4.31
	5	4.24
	6	4.18
	<b>Promedio</b>	<b>4.29</b>

Fuente: Elaboración propia -

En el cuadro 8 se observan que los resultados varían entre 3.96 kg/cm<sup>2</sup> y 4.66 kg/cm<sup>2</sup>, siendo así la resistencia promedio a la flexión de 4.29 kg/cm<sup>2</sup>.

Cuadro 15. Resistencia a la flexión para adobes con 3% de fibra tipo E

3% fibra de vidrio tipo E	Espécimen	Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
	1	4.28
	2	3.32
	3	3.40
	4	3.66
	5	3.76
	6	3.34
	<b>Promedio</b>	<b>3.63</b>

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 9, se muestran los resultados con 3% de fibra de vidrio, teniendo la resistencia promedio de 3.63 kg/cm<sup>2</sup> que es más bajo que el resultado promedio del adobe tradicional, siendo así la resistencia promedio del adobe tradicional mayor en un 18% al adobe con 3% de fibra de vidrio.

Cuadro 16. Resistencia a la flexión para adobes con 5% de fibra de vidrio tipo E

<b>5% fibra de vidrio tipo E</b>	<b>Espécimen</b>	<b>Flexión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	<b>1</b>	4.04
	<b>2</b>	5.22
	<b>3</b>	5.04
	<b>4</b>	4.78
	<b>5</b>	4.65
	<b>6</b>	5.13
	<b>Promedio</b>	<b>4.81</b>

Fuente: Elaboración propia

Los valores que se presentan en el cuadro 10, oscilan entre 4.04 kg/cm<sup>2</sup> y 5.22 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo una resistencia promedio de 4.81 kg/cm<sup>2</sup> que a comparación de los adobes con 3% de fibra de vidrio, aumenta en 32% la resistencia a la flexión. Con respecto a la resistencia promedio del adobe tradicional de 4.29 kg/cm<sup>2</sup>, el adobe con 5% de fibra de vidrio incrementa en un 12% de la resistencia a la flexión.

Cuadro 17. Resistencia a la flexión para adobes con 7% de fibra de vidrio

<b>7% fibra de vidrio tipo E</b>	<b>Espécimen</b>	<b>Flexión (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	<b>1</b>	5.66
	<b>2</b>	5.18
	<b>3</b>	5.85
	<b>4</b>	5.57
	<b>5</b>	5.34
	<b>6</b>	5.45
	<b>Promedio</b>	<b>5.51</b>

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 11, podemos observar que los resultados varían 5.18 kg/cm<sup>2</sup> y 5.85 kg/cm<sup>2</sup>. Además, con 7% de fibra de vidrio ha presentado la máxima resistencia a la flexión, teniendo como resistencia promedio 5.51 kg/cm<sup>2</sup>, e incrementando 28% a la resistencia promedio a la flexión del adobe tradicional.

Cuadro 18. Resumen de la Resistencia a la flexión

Adobe con fibra de vidrio tipo E	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
0%	4.29
3%	3.63
5%	4.81
7%	5.51

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro resumen se puede observar que a partir del 5% de fibra de vidrio la resistencia a la flexión empieza a aumentar, y con 7% de fibra de vidrio, es la resistencia máxima a la flexión.

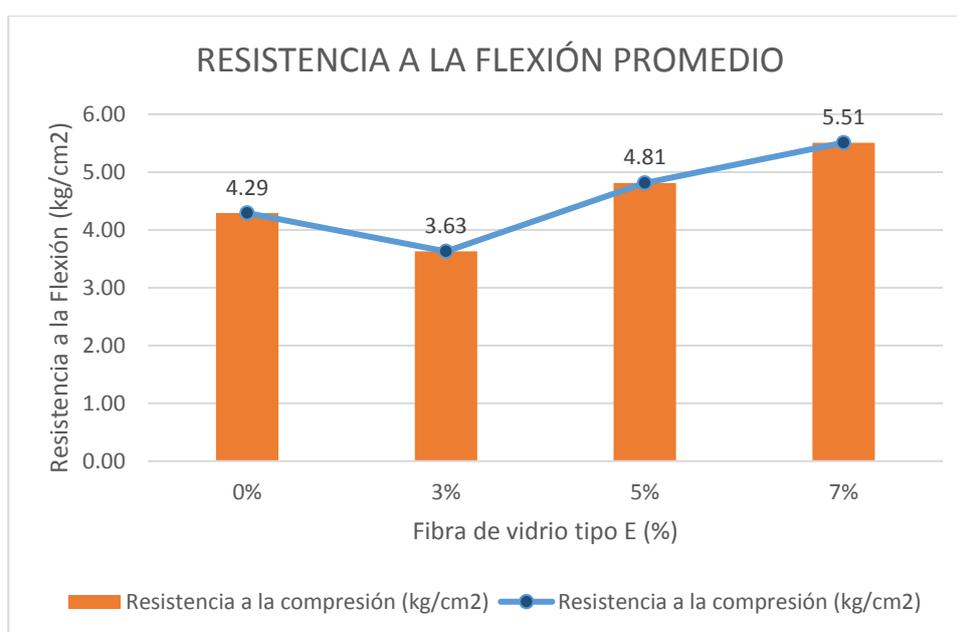


Figura 35. Resistencia promedio a la compresión

Fuente: Elaboración propia

En la figura 34, se puede notar el incremento de la resistencia a la flexión con el 5% de fibra de vidrio, y con 7% de fibra de vidrio la resistencia a la flexión tiene la máxima resistencia a la flexión. Además, se observa que con 3% de fibra de vidrio no es suficiente para superar la resistencia a la flexión del adobe tradicional.

### 3.2.3. Absorción

Cuadro 19. Resumen de absorción

Adobe con fibra de vidrio tipo E	Absorción (%)						Promedio de Absorción (%)
	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6	
0%	7.34	7.27	10.14	8.57	7.26	9.21	8.30
3%	16.08	17.43	16.77	16.29	16.18	16.44	16.53
5%	21.21	21.71	19.36	20.78	21.43	19.83	20.72
7%	25.43	23.92	25.24	22.03	25.86	22.41	24.15

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro 13, observamos que los resultados van en aumento, y que la absorción mínima es la del adobe tradicional con 8.30%, ya que con el 3% de fibra de vidrio se excede el doble aproximadamente del adobe tradicional, así va incrementando notoriamente con 5 y 7 % de fibra de vidrio.

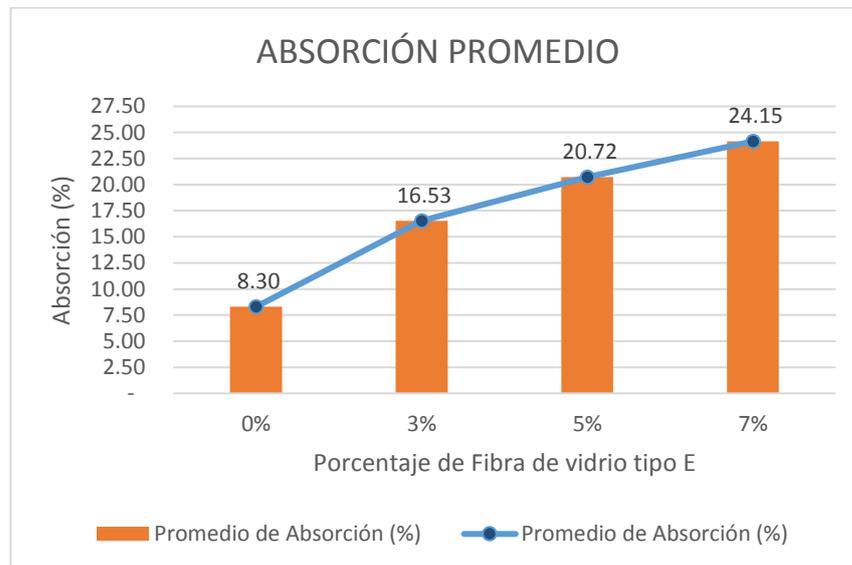


Figura 36. Absorción promedio  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 35, se puede observar que la absorción con la adición de fibra de vidrio en 3, 5 y 7% tiene un incremento considerable. Y el adobe tradicional tiene una absorción de 8.30%, que está por debajo de los resultados con la adición de fibra de vidrio.

### 3.2.4. Estabilidad dimensional y alabeo

Cuadro 20. Resumen de variación dimensional

Adobe con fibra de vidrio	L prom (mm)	L (mm)	Largo V.D (%)	A prom (mm)	A (mm)	Ancho V.D (%)	H prom (mm)	H (mm)	Altura V.D (%)
0%	239.58	240.00	0.18	112.45	130	13.50	85.73	90	4.75
3%	241.99	240.00	-0.83	112.83	130	13.21	86.95	90	3.39
5%	242.03	240.00	-0.84	113.20	130	12.92	87.33	90	2.97
7%	242.71	240.00	-1.13	114.28	130	12.10	87.95	90	2.28

Fuente: Elaboración propia

Para la variación dimensional, se tomaron las dimensiones especificadas de Ladrillos Lark, del ladrillo con dimensiones 24x13x90, pues son las medidas que más similitud tienen. Y de acuerdo a la Tabla 1 de la Norma E.070, nuestros adobes pertenecen a Ladrillo tipo I, debido a que son artesanales, por lo tanto, los parámetros para la variación dimensional de los lados, solo el largo del adobe tradicional y adobe con fibra de vidrio la variación se encuentra de lo permitido, pues los valores son menores a  $\pm 4$ , de igual manera con la altura, los valores son menores a  $\pm 8$  según la Tabla 1. Sin embargo, el ancho sobrepasa el porcentaje de lo permitido, que es  $\pm 6$ , ya que la dimensión del ancho del molde que utilizamos para el adobe fue 11cm, y el ancho especificado es de 13.

Puesto que el ancho no cumple por razones de que se utilizó una medida diferente, los valores mantienen una diferencia que no permite que el adobe cumpla en su totalidad con la variación dimensional. Aun así, el largo y altura del adobe se mantienen dentro de los parámetros según la Tabla 1 de la norma E 070.

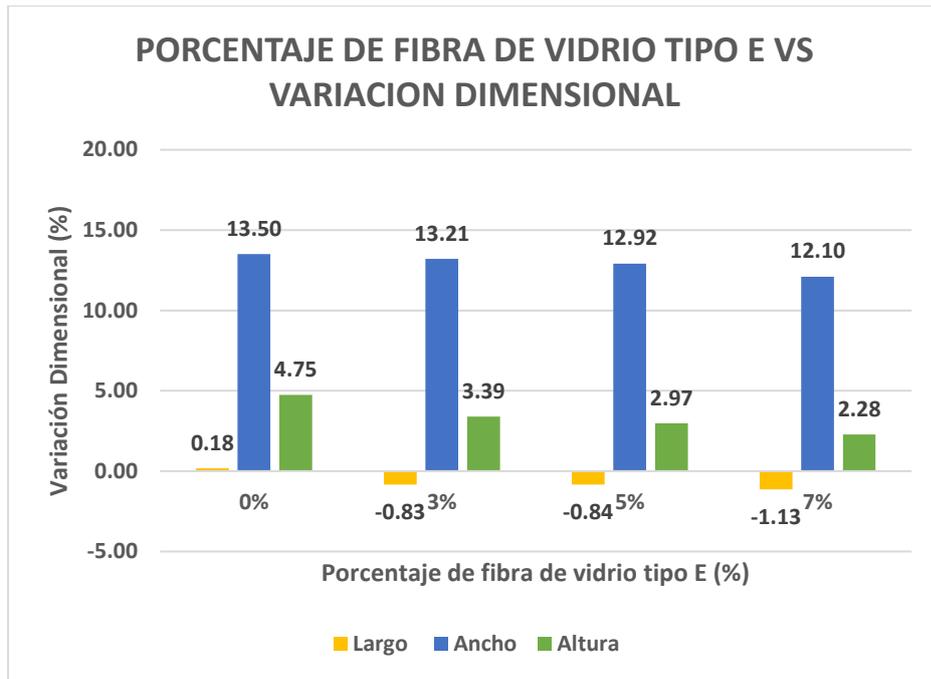


Figura 37. Variación dimensional de adobe tradicional y adobe con fibra de vidrio  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 36, se puede observar los porcentajes de variación dimensional de cada dimensión para adobe tradicional y adobe con fibra de vidrio tipo E. Los valores negativos que se muestran, significa que las dimensiones del adobe son menores a comparación de las dimensiones especificadas de ladrillos Lark. Aun así, los valores negativos están dentro de los parámetros que indica la E.070. También se puede observar el aumento considerable en el ancho de los adobes en comparación con el ancho de ladrillos Lark.

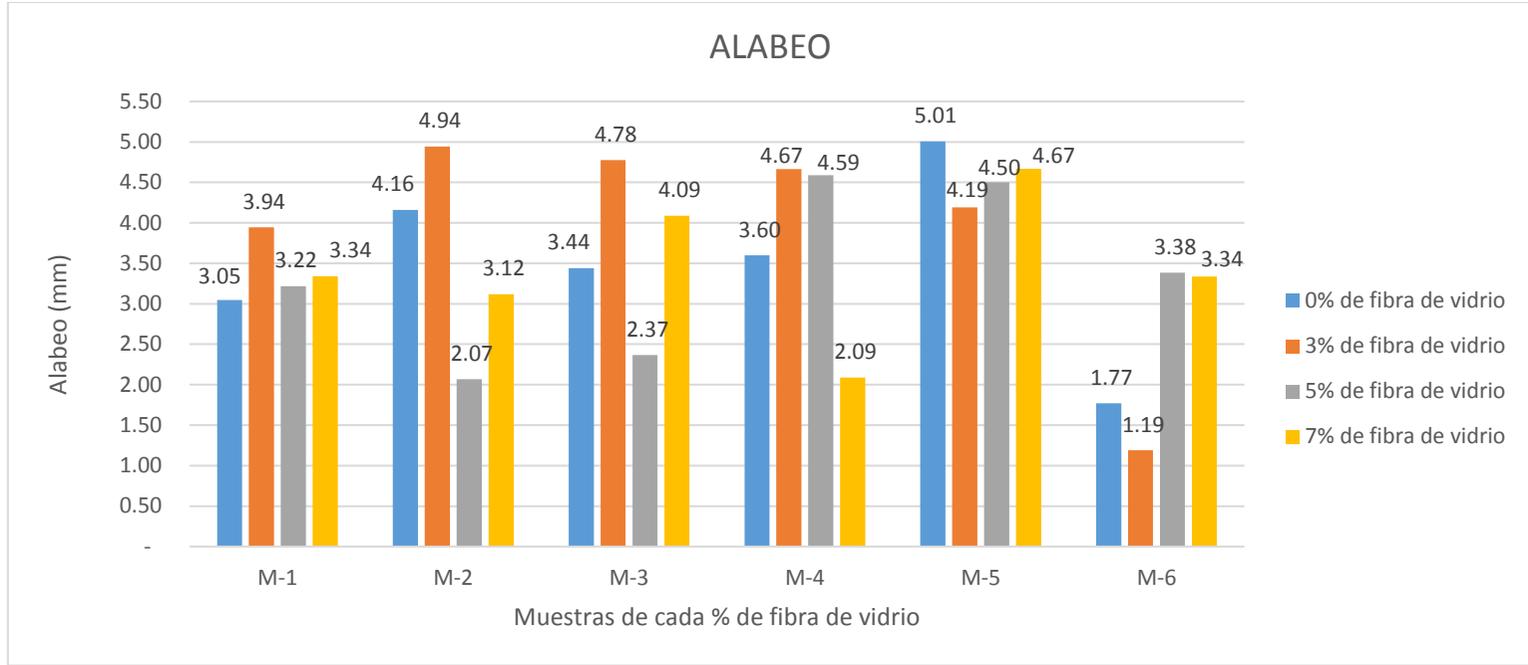


Figura 38. Resumen de alabeo  
Fuente: Elaboración propia

Para el caso del alabeo, la Tabla 1 de la Norma E070 nos indica que el alabeo para ladrillos tipo I debe ser 10mm máximo, y en la figura 37, las muestras de adobe tradicional y adobe con fibra de vidrio cumplen con este parámetro, pues todas las muestras tienen alabeo menor de 10 mm.

## **IV. DISCUSIÓN**

### **Resistencia a la compresión**

La máxima resistencia a la compresión que tuvo los adobes tradicionales fue de 22.52 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la resistencia de los adobes con fibra de vidrio fue inferior al adobe tradicional, la que mejor resistencia a la compresión tuvo fue con 3% de fibra de vidrio con una resistencia de 16.42 kg/cm<sup>2</sup>, aun así, cumplieron con la resistencia mínima que exige la norma E 080. Si comparamos los resultados con la tesis de Eva Chuya y María Ayala “Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio”, los resultados que obtuvieron fueron que el adobe tradicional alcanzó una resistencia de 1.220 MPa que es equivalente a 12.44 kg/cm<sup>2</sup>, y el adobe con fibra de vidrio que tuvo más resistencia a la compresión fue con 0.60% con una resistencia de 1.519 MPa que equivale a 15.49 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque en nuestra investigación la resistencia no aumentó con la adición de fibra de vidrio, la resistencia fue superior a comparación de la tesis de Eva Chuye y María en ambos casos.

### **Resistencia a la flexión**

La resistencia a la flexión en los adobes tradicionales fue de 4.29 kg/cm<sup>2</sup>, y el adobe con fibra de vidrio que más resistencia tuvo fue con 7% con una resistencia de 5.51 kg/cm<sup>2</sup>, incrementando un 28% a la resistencia del adobe tradicional. En la investigación de Eva Chuya y María Ayala la resistencia a la flexión del adobe tradicional fue de 0.199 Mpa equivalente a 2.03 kg/cm<sup>2</sup> y el adobe con fibra de vidrio que más resistencia alcanzó fue con 6.80% con una resistencia de 0.820 Mpa equivalente a 8.36 kg/cm<sup>2</sup>. Los adobes tradicionales en nuestra investigación presentan mayor resistencia que Eva Chuya y María Ayala, sin embargo con 6.80% de fibra de vidrio alcanzó una mayor resistencia a comparación del 7% de fibra de vidrio que se utilizó en esta investigación.

### **Absorción**

Los adobes tradicionales tuvieron como resultado en la absorción de agua 8.30%, pero los adobes con fibra de vidrio aumentaron el porcentaje de absorción, ya que a mayor porcentaje de fibra de vidrio en el adobe, mayor absorción presentaba el adobe. Por lo tanto, en lugares que suele llover constantemente no sería recomendable utilizar este tipo de adobe estabilizado con fibra de vidrio.

### **Estabilidad dimensional y alabeo**

Para conocer la variación dimensional de los adobes se tomó como referencia las medidas de ladrillos Lark, cuyas dimensiones fueron de 24x13x9cm, y de la presente investigación fue de 24x11x9cm. Los resultados cumplieron parcialmente según la norma E 070, ya que la dimensión del lado ancho de ladrillos Lark es superior por 2cm, y la norma indica que para ladrillos tipo I la variación debe ser de  $\pm 6\%$ , por lo tanto, los resultados presentan mayor porcentaje que la norma exige. Sin embargo, para el alabeo cumplen todos los adobes con lo especificado en la Norma E070.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1.** Se determinó las propiedades físicas del suelo mediante los ensayos de contenido de humedad, la granulometría y los límites de consistencia que dieron como resultado el tipo de suelo utilizado en la investigación. La clasificación según SUCS fue un SM-SC, es decir, una arena limo – arcillosa; y según la clasificación ASSHTO fue A-2-4, que se refiere a una arena limo o arcillosa. Los resultados cumplieron con los parámetros que indica la Norma E 080.
- 5.2.** La resistencia a la compresión de los adobes tradicionales fue de 22.52 kg/cm<sup>2</sup>, y para los adobes con 3%, 5% y 7% de fibra de vidrio las resistencias fueron 16.42 kg/cm<sup>2</sup>, 13.57 kg/cm<sup>2</sup> y 11.80 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Y aunque todos los resultados son superiores a la resistencia mínima que indica la norma que es de 10.2 kg/cm<sup>2</sup>, los adobes tradicionales son los que tienen mayor resistencia.
- 5.3.** la resistencia a la flexión de los adobes tradicionales fue de 4.29 kg/cm<sup>2</sup> y de los adobes con fibra de vidrio el que presenta mejor resistencia a la flexión fue con 7% de fibra de vidrio con una resistencia a la flexión de 5.51 kg/cm<sup>2</sup>, siendo 28% más resistente al adobe tradicional.
- 5.4.** En la absorción de agua el adobe tradicional tuvo una absorción de 8.30%, mientras que los adobes con el 3%, 5% y 7% de fibra de vidrio tuvieron una absorción de 16.53%, 20.72% y 24.15% respectivamente, lo cual tuvo aumento considerable de la absorción en comparación con el adobe tradicional.
- 5.5.** La variación dimensional de los adobes con respecto a las dimensiones de largo y altura cumplen con la norma E.070, mientras que el ancho está fuera del rango permitido, debido a que la diferencia de medida que se utilizó para los adobes fue de 24x11x9cm, y las dimensiones nominales o específicas de ladrillos Lark fueron de 24x13x9cm. Para el alabeo, los adobes tradicionales y los adobes con fibra de vidrio cumplen con el alabeo máximo que dicta la norma E.070.
- 5.6.** La comparación entre adobe tradicional y adobe con fibra de vidrio (3, 5 y 7%) hay diferencia en los resultados, pues la fibra de vidrio solo destaca en flexión, ya que a mayor porcentaje de fibra de vidrio mayor resistencia. Mientras que en los demás ensayos, el adobe tradicional tiene mejores resultados.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar una prensa compactadora para hacer los adobes más uniformes y que tenga una mejor compactación con el fin de aumentar sus propiedades mecánicas.
- Se debe realizar ensayos como el aplastamiento de pilas y muretes según la NTE E 0.80 con el fin de ver mejor el desenvolvimiento de los adobes reforzados con fibra de vidrio con respecto a compresión y flexión.
- Evaluar otros materiales que puedan mejorar las propiedades mecánicas en los adobes diferentes a la fibra de vidrio que fue utilizada en esta investigación, como el plástico, cemento, virutas, cenizas, etc. Debido a que la fibra de vidrio tiene un punto en contra, el costo.
- Se debe considerar para futuras investigaciones que se realicen que evalúen diferentes porcentajes de fibra de vidrio y de otros modos de aplicación diferente a la aleatoria y su efecto de esta sobre el adobe convencional.
- Evaluar nuevas dimensiones en los adobes para ver si aumenta más sus propiedades mecánicas con respecto a nuevos agregados en la mezcla.

## REFERENCIAS

1. ALDAY, Patricio. Efecto de los estabilizadores en las propiedades físicas del adobe. Tesis (Titulación de Ingeniero Constructor). Santiago: Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingenierías, 2014. 42pp.
2. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures. U.S.A.: ACI Committee 440, 2008. 5p.  
ISBN: 9780870312854
3. Análisis del comportamiento a flexión de muros de adobe reforzado con geomallas por SOLIS, M [et al]. Informes de la Construcción [en línea]. Julio – setiembre, 2015, 67(539). [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.13.141>.  
ISSN-L: 0020-0883
4. Arquitectura de tierra: el adobe como material de construcción en la época prehispánica por GAMA, Jorge [et al]. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana [en línea]. 2012, 64(2). [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94326949003>  
ISSN: 1405-3322
5. ASTM. ASTM C 67: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile. West Conshohocken.: ASTM International, 2003. 3-9 pp.
6. ASTM. ASTM D 2487: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). West Conshohocken.: ASTM International, 2017. 10 pp.
7. ASTM. ASTM D 3282: Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. West Conshohocken.: ASTM International, 2015. 6 pp.
8. ASTM. ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. West Conshohocken: ASTM International, 2007. 3-6 pp.
9. ASTM. ASTM D 4318: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. West Conshohocken: ASTM International, 2000. 6-27 pp.
10. ASTM. ASTM D 2216: Standard test methods for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass. West Conshohocken: ASTM International, 1999. 12 pp.

11. BOLAÑOS, Juan. Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna. Tesis (Título de Ingeniería Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2016. 48 pp.
12. BLONDET, Marcial y VARGAS, Julio, TORREALVA, Daniel. Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas (zona de la costa). Lima: PUCP – Fondo editorial, 2007. 22 pp.  
ISBN: 99724283712445
13. BURI, Alexandra. Análisis, desarrollo y evaluación de aislantes térmicos fabricando bloques de adobe con paja. Tesis (Magister en Energías Renovables). Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2015. 38 pp.
14. Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, y III de comunidades indígenas. Instituto Nacional de Estadísticas e Informáticas. 2018. Disponible en: <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>.
15. CHUYA, Eva y AYALA, María. Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio. Tesis (Título de Arquitecto). Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, 2018. 47pp.
16. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. NTP 399.613, 2005: Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayos de ladrillo de arcilla usados en albañilería. Lima: INDECOPI, 2005. 2-36 pp.
17. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. NTP 339.129, 1999: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Lima: INDECOPI, 2000. 13-19 pp.
18. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. NTP 339.127, 1998: SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. Lima: INDECOPI, 1998. 1-7 pp.
19. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales. NTP 339.128, 1999: SUELOS. Método para análisis granulométrico. Lima: INDECOPI, 1998. 9 pp.
20. Construcción Sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontífice Universidad Católica del Perú por BLONDET, Marcial [et al]. Informes de la Construcción [en línea]. Julio – setiembre 2011, 63(523). [Fecha de consulta: 10 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.10.017>  
ISSN: 1988-3234

21. ECHEVARRÍA, César, JIMÉNEZ, Laura y OCHOA, Juan. Vigas de madera laminada reforzadas con bambú: Una alternativa a vigas de madera reforzadas con fibra de vidrio. *Dyna rev.fac.nam. minas* [en línea], 2012, 79(164). [Fecha de consulta: 21 de noviembre]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0012-73532012000400003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532012000400003&lng=en&nrm=iso)  
ISSN: 0012-7353
22. Fibra de vidrio [en línea] por Álvarez, Aldhair [et al]. Ica: Slideshare. (6 de octubre del 2017). [Fecha de consulta: 14 de noviembre]. Recuperado de: <https://image.slidesharecdn.com/trabajo-monografico-fibra-de-vidrio-171006131035/95/fibra-de-vidrio-2-638.jpg?cb=1507295449>.
23. FLORES, José. Panorámica sobre el estado del arte de la industrialización en el sector de la construcción. *Arquitectura y Urbanismo* [en línea]. Setiembre – diciembre, 2016, XXXVII (3). [Fecha de consulta: 2 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376849417007>  
ISSN: 0258-591X
24. GARCÍA, Adriana. Crean adobes estabilizados. *El Sol de Toluca*. 17 de marzo del 2018. [Fecha de consulta: 25 de noviembre]. Disponible en: [http://adiat.org/wp-content/uploads/2018/10/VIVIENDAS-ANTISISMOS\\_-ADRIANA-GARCIA.pdf](http://adiat.org/wp-content/uploads/2018/10/VIVIENDAS-ANTISISMOS_-ADRIANA-GARCIA.pdf)
25. MANRIQUE, Julio. Evaluación de niveles de cáscara de arroz y su influencia sobre la resistencia a la compresión en la fabricación de adobe, Zúngaro Cocha, 2016. Tesis (Doctorado). Iquitos: Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Facultad de Agronomía, 2017. 31 pp.
26. MANTILLA, Jhon. Variación de las propiedades físico mecánicas del adobe al incorporar viruta y caucho. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería, 2018. 25 pp.
27. MATA, Francisco y DAVIM, Paulo. Definición de un índice de maquinabilidad para materiales compuestos de matriz termoplástica a partir del estudio experimental. *Científica* [en línea]. Octubre – diciembre, 2010, 14(4). [Fecha de consulta: 12 de noviembre del 2018]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61419260004>  
ISSN: 1665-0564

28. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. NTE E. 070 Albañilería. Lima: 2006. 298 pp.
29. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. NTE E 080, 2017: Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima: El Peruano, 2017. 15-21 pp.
30. MOSCOSO, María. Adobe, sus características y confort térmico. En: MARTÍNEZ, Juan. I Congreso internacional online Filosofía de la sustentabilidad de vivienda tradicional “Transformando comunidades hacia el desarrollo local”. Málaga: Servicios Académicos Intercontinentales S.L, 2016. pp 71-74.  
ISBN: 9788416874118
31. NUREÑA, Juan. Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2017. 51 pp.
32. PAREDES, Freddy y DE LA CRUZ, Gloria. Estudio de los estabilizadores en el adobe. revista FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 1(2): 1-6, Junio, 2017.  
ISSN: 1390-7042.
33. QUITENÑO, Ana. La cal como elemento que mejora la resistencia en la producción de ladrillo de adobe en el departamento de Ahuchapán. UNICAES, 4: 369-373, Marzo, 2015. ISSN: 2227-4235.
34. Resistencia al fuego de perfiles pultruidos de polímero reforzado con fibras de vidrio (GFRP) para aplicaciones en rehabilitación: Estudio experimental, numérico y analítico por MORGADO, T. [et al]. Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción [en línea]. Mayo – agosto, 2016, 6(2). [Fecha de consulta: 20 de noviembre del 2018]. Disponible en: : <http://agricola-www.redalyc.org/articulo.oa?id=427646713007>  
ISSN: 2007-6835
35. RÍOS, Enrique. Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado. Tesis (Maestro en Ciencias). Oaxaca: Instituto Politécnico Nacional, 2010. 29 pp.
36. RODRÍGUEZ, Javier. El adobe, el material de construcción de moda, práctico y sostenible [en línea]. i-KONSTRUCCIÓN. Barcelona. 04 de Junio del 2018. [Fecha de consulta: 27 de Octubre]. Disponible en: <https://ikonstruccion.es/2018/04/06/adobe-material-construccion-sostenible/>.

37. ROUX, Rubén y OLIVARES, Manuel. Utilización de ladrillos de adobe estabilizado con cemento portland al 6% y reforzados con fibra de coco, para muros de carga en Tampico. *Informes de la Construcción*, 53(478): 44-47, Marzo-Abril, 2002. ISSN: 611-10.
38. VAZQUEZ, Marcelo, GUZMAN, Daniel, IÑIGUEZ, Jorge. Comparación entre propiedades físicas y mecánicas de adobes tradicionales y BTC estabilizados químicamente. En: ACHIG, María. *Tierra, sociedad, comunidad: 15° seminario iberoamericano de arquitectura y construcción con tierra*. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015. pp 154-163.  
ISBN: 9789978143131.
39. VÁSQUEZ, Alejandro, BOTERO, Luis y CARBAJAL, David. Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. *Ingeniería y Ciencia* [en línea]. (Enero-Junio) 2015, 11(21). [Fecha de consulta: 14 de noviembre del 2018]  
Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83533766010>  
ISSN 1794-9165
40. WALLENBERGER, Frederick, WATSON, James y LI, Hong. Glass fibers. En: *ASM HANDBOOK. Composites*. Ohio: ASM International, 2001. pp. 27-34.  
ISBN: 9780871707031

## **ANEXOS**

### **ANEXO N° 1: RESULTADOS DE LABORTORIO DE SUELOS**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D-4318

**PROYECTO** : EFECTO DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA DE VIDRIO TIPO E SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN Y ESTABILIDAD DIMENSIONAL DEL ADCBE, TRUJILLO, 2018

**SOLICITANTE** : BRICEÑO SEGURA, LESLIE ELIANA - MARCOS GAMBOA, ANGEL ALONSO

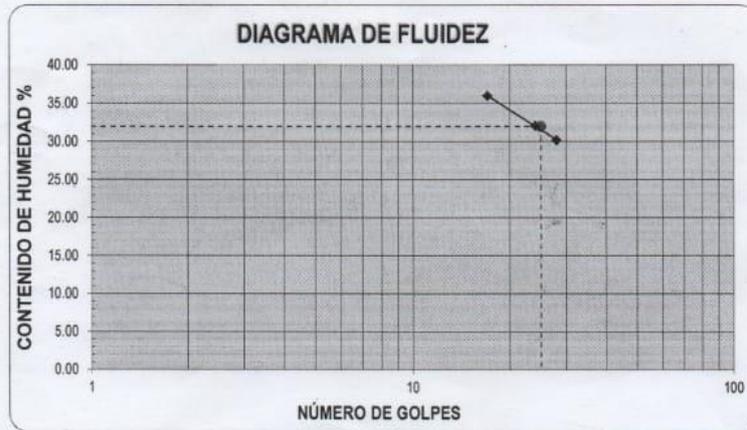
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : SAN ISIDRO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (MATERIAL EXTRAÍDO A CIELO ABIERTO)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	17	24	28	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	51.80	49.32	51.53	51.99	50.08
Peso de tara + suelo húmedo (g)	53.16	50.39	53.01	52.43	50.50
Peso tara + suelo seco (g)	52.80	50.13	52.59	52.33	50.42
Contenido de Humedad %	36.00	32.10	30.19	29.41	23.53
Límites %	32			26	



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$y = -11.590 \ln(x) + 68.860$

**CAMPUS TRUJILLO**  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D-2216

**PROYECTO** : EFECTO DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA DE VIDRIO TIPO E SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN Y ESTABILIDAD DIMENSIONAL DEL ADOBE, TRUJILLO, 2018

**SOLICITANTE** : BRICEÑO SEGURA, LESLIE ELIANA - MARCOS GAMBOA, ANGEL ALONSO

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : SAN ISIDRO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : MAYO DEL 2019 (MATERIAL EXTRAÍDO A CIELO ABIERTO)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	9.31	8.57	8.90
Peso del tarro + suelo humedo (g)	89.52	94.13	96.77
Peso del tarro + suelo seco (g)	82.54	86.46	89.63
Peso del suelo seco (g)	73.23	77.89	80.73
Peso del agua (g)	6.98	7.67	7.14
% de humedad (%)	9.53	9.85	8.84
% de humedad promedio (%)	9.41		

CAMPUS TRUJILLO  
Av. Larco 1770.  
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
CIP: 211074  
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D-422

**PROYECTO** : EFECTO DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA DE VIDRIO TIPO E SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, ABSORCIÓN Y ESTABILIDAD DIMENSIONAL DEL ADOBE, TRUJILLO, 2018

**SOLICITANTE** : BRICEÑO SEGURA, LESLIE ELIANA - MARCOS GAMBOA, ANGEL ALONSO

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : SAN ISIDRO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

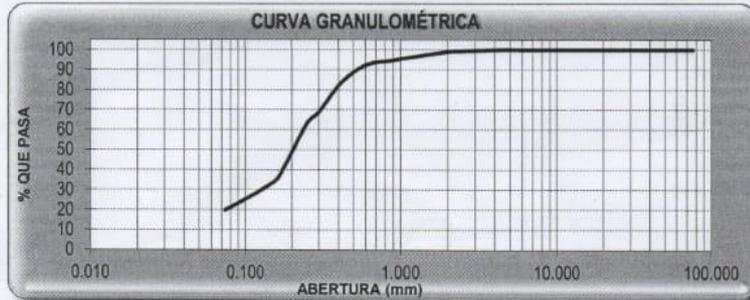
**FECHA** : MAYO DEL 2019 (MATERIAL EXTRAÍDO A CIELO ABIERTO)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 1200.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 962.40  
 Peso perdido por lavado : 237.60

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	9.41%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Límites e Índices de Consistencia</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 32
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 26
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 6
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Clasificación de la Muestra</b>
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SM-SC
8	2.360	8.90	0.74	0.74	99.26	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
10	2.000	3.10	0.26	1.00	98.00	<b>Descripción de la Muestra</b>
16	1.180	31.30	2.81	3.61	96.39	
20	0.850	21.90	1.83	5.43	94.57	SUCS: Arena limo - arcillosa
30	0.600	26.30	2.19	7.63	92.38	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
40	0.420	102.20	8.52	16.14	83.86	
50	0.300	179.60	14.97	31.11	68.89	Tiene un % de finos de = 19.80%
60	0.250	71.20	5.93	37.04	62.96	
80	0.180	254.60	21.22	58.26	41.74	<b>Descripción de la Calicata</b>
100	0.150	100.20	8.35	66.61	33.39	
200	0.074	163.10	13.59	80.20	19.80	C-1
< 200		237.60	19.80	100.00	0.00	Profundidad : 0.0 m - 0.00 m
Total		1200.00	100.00			



D10	: 0.0374
D30	: 0.1310
D60	: 0.2402
Cu	: 6.43
Cc	: 1.91

CAMPUS TRUJILLO  
 Av. Larco 1770.  
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.  
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña  
 CIP: 211074  
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Facultad de Ingeniería  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

INFORME N°33/JUN19

Trujillo, 14 de junio del 2019

**Proyecto :** EFECTO DEL PORCENTAJE DE LA FIBRA DE VIDRIO TIPO E SOBRE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, FLEXIÓN, ABSORCIÓN Y ESTABILIDAD DIMENSIONAL DEL ADOBE – TRUJILLO 2019.

**Nombre/DNI :** Briceño Segura, Leslie Eliana / 72928132  
Marcos Gamboa, Angel Alonso / 71380978

**Institución :** Universidad Privada César Vallejo

**Muestreo realizado por :** La empresa solicitante

**Fecha de recepción :** 11 de junio del 2019

**MUESTRA**

**Espécimen A :** 24 – Adobes para compresión / 24 cm x 11 cm x 9 cm

**Espécimen B :** 24 – Adobes para flexión / 24 cm x 11 cm x 9 cm

**Aplicación de Norma:**

- Norma técnica de Edificaciones E 0.80 tierra reforzada
- Compresión con velocidad 0.050 KN/sec
- Flexión con velocidad 0.020 KN/sec

**N° de Especímenes :** 6





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Facultad de Ingeniería  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

INFORME N°33/JUN19

Resistencia a la compresión

RESISTENCIA A COMPRESIÓN													
N°	% De F.V.	Código	Peso (kg)	Largo (mm)	Ancho (mm)		Altura (mm)		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Compresión (MPa)	Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	
1	0	A	3.751	241	241	110	111	89	91	26631	59.5	2.23	22.8
2		B	3.543	243	240	112	113	90	89	27169	59.8	2.20	22.4
3		C	3.557	245	243	114	110	89	90	27328	60.1	2.20	22.4
4		D	3.617	243	241	112	111	89	90	27042	59.8	2.21	22.5
5		E	3.647	242	241	111	112	90	90	26899	59.7	2.22	22.6
6		F	3.550	244	242	113	112	90	90	27249	60.0	2.20	22.4
7	3	A	3.144	239	241	111	109	90	91	26400	38.8	1.47	15.0
8		B	3.445	242	240	110	110	92	92	26510	44.1	1.67	17.0
9		C	3.647	245	242	114	108	89	93	27029	44.9	1.70	17.3
10		D	3.412	242	241	112	109	90	92	26646	42.6	1.60	16.3
11		E	3.295	241	241	111	110	91	92	26455	41.5	1.55	16.0
12		F	3.546	244	241	112	109	91	93	26769	44.5	1.66	16.9
13	5	A	3.128	241	241	110	111	92	92	26631	35.4	1.34	13.7
14		B	3.164	242	243	109	112	93	89	26796	35.7	1.35	13.8
15		C	3.032	248	246	113	110	91	88	27541	35.2	1.33	13.6
16		D	3.108	244	243	111	111	92	90	26988	35.4	1.31	13.4
17		E	3.146	242	242	110	112	93	91	26713	35.6	1.33	13.6
18		F	3.098	245	245	111	111	92	89	27167	35.5	1.30	13.3
19	7	A	3.266	241	240	112	110	91	90	26696	29.9	1.13	11.6
20		B	3.306	238	239	111	110	91	92	26354	31.4	1.19	12.1
21		C	3.332	239	238	115	113	90	92	27189	30.6	1.16	11.8
22		D	3.301	239	239	113	111	91	91	26747	30.6	1.15	11.7
23		E	3.286	240	240	112	110	91	91	26525	30.7	1.16	11.8
24		F	3.319	239	239	113	112	91	92	26772	31.0	1.16	11.8





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO  
Facultad de Ingeniería  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

INFORME N°33/JUN19

Resistencia a la flexión

N°	% de F.V.	Código	Peso (kg)	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Fuerza (KN)
1	0	G	3.552	240	242	111	113	91	92	2.86
2		H	3.744	241	242	112	110	92	93	2.46
3		I	3.452	240	239	112	111	90	91	2.63
4		J	3.583	240	241	112	111	91	92	2.63
5		K	3.648	241	242	112	112	92	93	2.66
6		L	3.598	241	241	112	111	91	92	2.55
7	3	G	3.287	240	243	110	112	91	93	2.63
8		H	3.314	242	241	111	109	90	92	1.98
9		I	3.404	245	240	111	110	89	90	1.97
10		J	3.335	242	241	111	110	90	92	2.19
11		K	3.301	241	242	111	111	91	93	2.31
12		L	3.359	244	241	111	110	90	91	1.98
13	5	G	2.954	243	244	109	112	90	89	2.34
14		H	3.029	241	242	111	113	94	91	3.27
15		I	3.363	240	239	110	109	91	90	2.96
16		J	3.115	241	110	111	92	90	90	2.86
17		K	2.992	242	110	113	92	90	90	2.81
18		L	3.196	241	111	111	93	91	91	3.12
19	7	G	3.589	240	241	110	114	88	89	3.25
20		H	3.524	243	242	112	115	95	90	3.29
21		I	3.582	240	241	111	108	87	91	3.32
22		J	3.565	241	241	111	112	90	90	3.29
23		K	3.557	242	242	111	115	92	90	3.27
24		L	3.553	242	242	112	112	91	91	3.31

Compresión ELE serie T automático, error de +/- 0.5%, velocidad de carga 0.050 KN/seg





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
Facultad de Ingeniería **INFORME N°33/JUN19**  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil

**Resistencia a la flexión**

N°	% de F.V.	Código	Largo prom (mm)	Ancho prom (mm)	Altura prom (mm)	Separación (mm)	Fuerza (N)	Flexión (MPa)	Flexión (kg/cm <sup>2</sup> )
1		G	241	112	91.5	100	2860	0.458	4.66
2		H	241.5	111	92.5	100	2460	0.389	3.96
3		I	239.5	111.5	90.5	100	2630	0.432	4.40
4		J	240.5	111.5	91.5	100	2630	0.423	4.31
5		K	241.5	112	92.5	100	2660	0.416	4.24
6		L	241	111.5	91.5	100	2550	0.410	4.18
7		G	241.5	111	92	100	2630	0.420	4.28
8		H	241.5	110	91	100	1980	0.326	3.32
9		I	242.5	110.5	89.5	100	1970	0.334	3.40
10		J	241.5	110.5	91	100	2190	0.359	3.66
11		K	241.5	111	92	100	2310	0.369	3.76
12		L	242.5	110.5	90.5	100	1980	0.328	3.34
13		G	243.5	110.5	89.5	100	2340	0.397	4.04
14		H	241.5	112	92.5	100	3270	0.512	5.22
15		I	239.5	109.5	90.5	100	2960	0.495	5.04
16		J	241.5	110.7	90.8	100	2857	0.469	4.78
17		K	242.5	111.3	91	100	2805	0.457	4.65
18		L	240.5	110.8	91.5	100	3115	0.504	5.13
19		G	240.5	112	88.5	100	3250	0.556	5.66
20		H	242.5	113.5	92.5	100	3290	0.508	5.18
21		I	240.5	109.5	89	100	3320	0.574	5.85
22		J	241	111.5	90	100	3290	0.546	5.57
23		K	242	113	91	100	3270	0.524	5.34
24		L	242	112	91	100	3310	0.535	5.45

*Compresión ELE serie T automático, error de +/- 0.5%, velocidad de carga 0.050 kN/seg.*



Dr. Ing. Alex F. Díaz Díaz

**Director de Escuela de la facultad de Ing. Civil**

Trujillo, 14 de junio del 2019

## ANEXO N° 2: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 39. Granulometría por tamizado  
Fuente: Elaboración propia



Figura 40. Pesar material retenido en cada tamiz  
Fuente: Elaboración propia



Figura 41. Material para límites de consistencia o plasticidad.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 42. Límite líquido, Copa de Casa Grande  
Fuente: Elaboración propia



Figura 43. Material tamizado para la elaboración de adobes  
Fuente: Elaboración propia



Figura 44. Mezcla para elaboración de adobes  
Fuente: Elaboración propia



Figura 45. Fibra de vidrio  
Fuente: Elaboración propia



Figura 46. Retiro de vegetación para el secado de adobes  
Fuente: Elaboración propia



Figura 47. Colocación de mezcla en el molde  
Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Adobes: molde retirado.  
Fuente: Elaboración propia



Figura 49. Adobes con fibra de vidrio  
Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Prueba de resistencia del adobe  
Fuente: Elaboración propia



Figura 51. Ensayo de variación dimensional  
Fuente: Elaboración propia



Figura 52. Ensayo de alabeo  
Fuente: Elaboración propia



Figura 53. Ensayo de compresión del adobe  
Fuente: Elaboración propia



Figura 54. Adobes ensayados a compresión  
Fuente: Elaboración propia



Figura 55. Ensayo de flexión del adobe  
Fuente: Elaboración propia



Figura 56. Absorción  
Fuente: Elaboración propia

### ANEXO N° 3: RESULTADOS DE LABORATORIO

#### 1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION

Cuadro 21. Ensayo de resistencia a la compresión del adobe tradicional

RESISTENCIA A COMPRESIÓN													
N°	%	Código	Peso (kg)	Largo		Ancho		Altura		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Compresión (MPa)	Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	De			(mm)		(mm)		(mm)					
	F.V.												
1	0	A	3.751	241	241	110	111	89	91	26631	59.5	2.23	22.8
2		B	3.543	243	240	112	113	90	89	27169	59.8	2.2	22.4
3		C	3.557	245	243	114	110	89	90	27328	60.1	2.2	22.4
4		D	3.617	243	241	112	111	89	90	27042	59.8	2.21	22.5
5		E	3.647	242	241	111	112	90	90	26899	59.7	2.22	22.6
6		F	3.555	244	242	113	112	90	90	27249	60	2.2	22.4

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22. Ensayo de resistencia a la compresión de adobe con 3% de fibra de vidrio

RESISTENCIA A COMPRESIÓN													
N°	%	Código	Peso (kg)	Largo		Ancho		Altura		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Compresión (MPa)	Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	De			(mm)		(mm)		(mm)					
	F.V.												
1	3	A	3.144	239	241	111	109	90	91	26400	38.8	1.47	15.0
2		B	3.445	242	240	110	110	92	92	26510	44.1	1.67	17.0
3		C	3.647	245	242	114	108	89	93	27029	44.9	1.7	17.3
4		D	3.412	242	241	112	109	90	92	26646	42.6	1.6	16.3
5		E	3.295	241	241	111	110	91	92	26455	41.5	1.55	16.0
6		F	3.546	244	241	112	109	91	93	26769	44.5	1.66	16.9

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 23. Ensayo de resistencia a la compresión con 5% de fibra de vidrio.

RESISTENCIA A COMPRESIÓN													
N°	%	Código	Peso (kg)	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Compresión (MPa)	Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	De F.V.												
1	5	A	3.128	241	241	110	111	92	92	26631	35.4	1.34	13.7
2		B	3.164	242	243	109	112	93	89	26796	35.7	1.35	13.8
3		C	3.032	248	246	113	110	91	88	27541	35.2	1.33	13.6
4		D	3.108	244	243	111	111	92	90	26988	35.4	1.31	13.4
5		E	3.146	242	242	110	112	93	91	26713	35.6	1.33	13.6
6		F	3.098	245	245	111	111	92	89	27167	35.5	1.3	13.3

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24. Ensayo de resistencia a la compresión con 7% de fibra de vidrio

RESISTENCIA A COMPRESIÓN													
N°	%	Código	Peso (kg)	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Área (mm <sup>2</sup> )	Fuerza (KN)	Compresión (MPa)	Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
	De F.V.												
1	7	A	3.266	241	240	112	110	91	90	26696	29.9	1.13	11.6
2		B	3.306	238	239	111	110	91	92	26354	31.4	1.19	12.1
3		C	3.332	239	238	115	113	90	92	27189	30.6	1.16	11.8
4		D	3.301	239	239	113	111	91	91	26747	30.6	1.15	11.7
5		E	3.286	240	240	112	110	91	91	26525	30.7	1.16	11.8
6		F	3.319	239	239	113	112	91	92	26772	31	1.16	11.8

Fuente: Elaboración propia

## 2. RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXION (MODULO DE ROTURA)

Cuadro 25. Ensayo de flexión: Fuerza última.

Nº	% de F.V.	Código	Peso (kg)	Largo (mm)		Ancho (mm)		Altura (mm)		Fuerza (KN)
1	0	G	3.552	240	242	111	113	91	92	2.86
2		H	3.744	241	242	112	110	92	93	2.46
3		I	3.452	240	239	112	111	90	91	2.63
4		J	3.583	240	241	112	111	91	92	2.63
5		K	3.648	241	242	112	112	92	93	2.66
6		L	3.598	241	241	112	111	91	92	2.55
7	3	G	3.287	240	243	110	112	91	93	2.63
8		H	3.314	242	241	111	109	90	92	1.98
9		I	3.404	245	240	111	110	89	90	1.97
10		J	3.335	242	241	111	110	90	92	2.19
11		K	3.301	241	242	111	111	91	93	2.31
12		L	3.359	244	241	111	110	90	91	1.98
13	5	G	2.954	243	244	109	112	90	89	2.34
14		H	3.029	241	242	111	113	94	91	3.27
15		I	3.363	240	239	110	109	91	90	2.96
16		J	3.115	241	242	110	111	92	90	2.86
17		K	2.992	242	243	110	113	92	90	2.81
18		L	3.196	241	241	111	111	93	91	3.12
19	7	G	3.589	240	241	110	114	88	89	3.25
20		H	3.524	243	242	112	115	95	90	3.29
21		I	3.582	240	241	111	108	87	91	3.32
22		J	3.565	241	241	111	112	90	90	3.29
23		K	3.557	242	242	111	115	92	90	3.27
24		L	3.553	242	242	112	112	91	91	3.31

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 26. Ensayo de flexión

N°	% de F.V.	Código	Largo prom (mm)	Ancho prom (mm)	Altura prom (mm)	Separación (mm)	Fuerza (N)	Flexión (MPa)	Flexión (kg/ cm <sup>2</sup> )
1	0	G	241	112	91.5	100	2860	0.458	4.66
2		H	241.5	111	92.5	100	2460	0.389	3.96
3		I	239.5	111.5	90.5	100	2630	0.432	4.4
4		J	240.5	111.5	91.5	100	2630	0.423	4.31
5		K	241.5	112	92.5	100	2660	0.416	4.24
6		L	241	111.5	91.5	100	2550	0.41	4.18
7	3	G	241.5	111	92	100	2630	0.42	4.28
8		H	241.5	110	91	100	1980	0.326	3.32
9		I	242.5	110.5	89.5	100	1970	0.334	3.4
10		J	241.5	110.5	91	100	2190	0.359	3.66
11		K	241.5	111	92	100	2310	0.369	3.76
12		L	242.5	110.5	90.5	100	1980	0.328	3.34
13	5	G	243.5	110.5	89.5	100	2340	0.397	4.04
14		H	241.5	112	92.5	100	3270	0.512	5.22
15		I	239.5	109.5	90.5	100	2960	0.495	5.04
16		J	241.5	110.7	90.8	100	2857	0.469	4.78
17		K	242.5	111.3	91	100	2805	0.457	4.65
18		L	240.5	110.8	91.5	100	3115	0.504	5.13
19	7	G	240.5	112	88.5	100	3250	0.556	5.66
20		H	242.5	113.5	92.5	100	3290	0.508	5.18
21		I	240.5	109.5	89	100	3320	0.574	5.85
22		J	241	111.5	90	100	3290	0.546	5.57
23		K	242	113	91	100	3270	0.524	5.34
24		L	242	112	91	100	3310	0.535	5.45

Fuente: Elaboración propia

### 3. RESULTADOS DE VARIACION DIMENSIONAL Y ALABEO

#### VARIACION DIMENSIONAL

Cuadro 27. Medidas de cada dimensión para adobes tradicionales

<b>ADOBE CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO</b>											
Especímen	Largo (mm)					Ancho (mm)			Altura (mm)		
	L-1	L-2	L-3	L-4	L-P	A-1	A-2	A-P	H-1	H-2	H-P
<b>Muestra 1</b>	236.00	244.00	236.00	245.00	<b>240.25</b>	111.00	112.00	<b>111.50</b>	80.00	81.50	<b>80.75</b>
<b>Muestra 2</b>	236.50	242.00	237.50	242.50	<b>239.63</b>	111.50	112.00	<b>111.75</b>	88.00	89.50	<b>88.75</b>
<b>Muestra 3</b>	234.50	231.50	238.00	240.00	<b>236.00</b>	112.50	113.00	<b>112.75</b>	88.00	89.00	<b>88.50</b>
<b>Muestra 4</b>	235.00	239.50	236.00	240.00	<b>237.63</b>	113.00	114.00	<b>113.50</b>	78.50	80.50	<b>79.50</b>
<b>Muestra 5</b>	237.50	238.00	235.50	239.00	<b>237.50</b>	113.00	114.00	<b>113.50</b>	80.50	80.50	<b>80.50</b>
<b>Muestra 6</b>	238.50	239.50	238.00	239.50	<b>238.88</b>	114.50	112.50	<b>113.50</b>	82.00	79.50	<b>80.75</b>
<b>Muestra 7</b>	241.00	241.00	240.50	240.50	<b>240.75</b>	112.00	113.00	<b>112.50</b>	89.00	91.00	<b>90.00</b>
<b>Muestra 8</b>	243.00	240.00	243.00	243.00	<b>242.25</b>	112.00	111.00	<b>111.50</b>	90.00	89.00	<b>89.50</b>
<b>Muestra 9</b>	243.00	241.00	242.00	241.50	<b>241.88</b>	111.00	112.00	<b>111.50</b>	89.00	90.00	<b>89.50</b>
<b>Muestra 10</b>	242.00	241.00	241.00	240.10	<b>241.03</b>	113.00	112.00	<b>112.50</b>	89.00	90.00	<b>89.50</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28. Medidas de cada dimensión para adobes con 3% de fibra de vidrio

<b>ADOBE CON 3% DE FIBRA DE VIDRIO</b>											
Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)			Altura (mm)		
	L-1	L-2	L-3	L-4	L-P	A-1	A-2	A-P	H-1	H-2	H-P
<b>Muestra 1</b>	243.50	242.00	242.50	247.50	<b>243.88</b>	111.50	114.00	<b>112.75</b>	81.50	86.00	<b>83.75</b>
<b>Muestra 2</b>	245.50	243.50	246.50	245.00	<b>245.13</b>	115.50	113.50	<b>114.50</b>	89.00	87.50	<b>88.25</b>
<b>Muestra 3</b>	245.50	244.50	249.50	248.50	<b>247.00</b>	114.00	113.50	<b>113.75</b>	83.50	87.50	<b>85.50</b>
<b>Muestra 4</b>	240.50	239.00	239.50	240.00	<b>239.75</b>	114.00	115.00	<b>114.50</b>	85.50	83.50	<b>84.50</b>
<b>Muestra 5</b>	239.00	243.00	239.00	240.00	<b>240.25</b>	110.00	114.00	<b>112.00</b>	80.00	81.00	<b>80.50</b>
<b>Muestra 6</b>	241.00	239.50	239.00	243.00	<b>240.63</b>	112.50	112.00	<b>112.25</b>	82.50	81.50	<b>82.00</b>
<b>Muestra 7</b>	239.00	241.00	240.50	239.50	<b>240.00</b>	114.00	113.00	<b>113.50</b>	90.00	91.00	<b>90.50</b>
<b>Muestra 8</b>	242.00	240.00	240.50	241.50	<b>241.00</b>	112.00	114.00	<b>113.00</b>	92.00	92.00	<b>92.00</b>
<b>Muestra 9</b>	242.00	241.00	241.50	242.00	<b>241.63</b>	111.00	110.00	<b>110.50</b>	90.00	92.00	<b>91.00</b>
<b>Muestra 10</b>	241.00	240.00	240.50	241.00	<b>240.63</b>	112.00	111.00	<b>111.50</b>	91.00	92.00	<b>91.50</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 29. Medidas de cada dimensión para adobes con 5% de fibra de vidrio

<b>ADOBE CON 5% DE FIBRA DE VIDRIO</b>											
Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)			Altura (mm)		
	L-1	L-2	L-3	L-4	L-P	A-1	A-2	A-P	H-1	H-2	H-P
<b>Muestra 1</b>	240.00	241.00	248.50	245.00	<b>243.63</b>	111.00	113.50	<b>112.25</b>	85.00	83.00	<b>84.00</b>
<b>Muestra 2</b>	240.00	241.00	244.50	250.50	<b>244.00</b>	114.00	115.50	<b>114.75</b>	83.00	86.50	<b>84.75</b>
<b>Muestra 3</b>	244.00	249.00	249.00	247.50	<b>247.38</b>	117.50	115.00	<b>116.25</b>	81.50	88.00	<b>84.75</b>
<b>Muestra 4</b>	238.50	237.50	240.50	239.00	<b>238.88</b>	112.50	114.00	<b>113.25</b>	83.00	84.50	<b>83.75</b>
<b>Muestra 5</b>	239.00	238.50	238.00	240.50	<b>239.00</b>	114.00	112.50	<b>113.25</b>	84.50	85.00	<b>84.75</b>
<b>Muestra 6</b>	240.50	240.50	239.00	238.50	<b>239.63</b>	112.50	114.00	<b>113.25</b>	88.00	88.50	<b>88.25</b>
<b>Muestra 7</b>	241.00	240.50	242.00	241.00	<b>241.13</b>	114.00	111.00	<b>112.50</b>	92.00	92.00	<b>92.00</b>
<b>Muestra 8</b>	242.00	241.00	242.00	241.00	<b>241.50</b>	113.00	114.00	<b>113.50</b>	91.00	88.00	<b>89.50</b>
<b>Muestra 9</b>	243.50	243.00	244.00	243.00	<b>243.38</b>	113.00	111.00	<b>112.00</b>	92.00	90.00	<b>91.00</b>
<b>Muestra 10</b>	242.00	241.00	242.00	242.00	<b>241.75</b>	111.00	111.00	<b>111.00</b>	92.00	89.00	<b>90.50</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 30 Medidas de cada dimensión para adobes con 7% de fibra de vidrio

<b>ADOBE CON 7% DE FIBRA DE VIDRIO</b>											
Espécimen	Largo (mm)					Ancho (mm)			Altura (mm)		
	L-1	L-2	L-3	L-4	L-P	A-1	A-2	A-P	H-1	H-2	H-P
<b>Muestra 1</b>	245.50	244.50	248.50	246.00	<b>246.13</b>	117.50	110.00	<b>113.75</b>	84.50	83.00	<b>83.75</b>
<b>Muestra 2</b>	245.50	248.50	249.00	246.00	<b>247.25</b>	117.50	115.00	<b>116.25</b>	84.00	88.00	<b>86.00</b>
<b>Muestra 3</b>	247.00	246.00	251.00	248.00	<b>248.00</b>	117.00	112.50	<b>114.75</b>	89.00	89.50	<b>89.25</b>
<b>Muestra 4</b>	243.00	242.50	241.00	243.00	<b>242.38</b>	119.00	120.00	<b>119.50</b>	86.50	86.00	<b>86.25</b>
<b>Muestra 5</b>	244.50	242.50	243.00	243.50	<b>243.38</b>	117.00	116.50	<b>116.75</b>	84.50	86.50	<b>85.50</b>
<b>Muestra 6</b>	243.00	241.00	240.50	243.00	<b>241.88</b>	113.00	111.50	<b>112.25</b>	84.50	85.00	<b>84.75</b>
<b>Muestra 7</b>	241.00	239.00	240.50	240.00	<b>240.13</b>	115.00	113.00	<b>114.00</b>	91.00	90.00	<b>90.50</b>
<b>Muestra 8</b>	239.00	240.20	239.50	242.00	<b>240.18</b>	113.00	111.00	<b>112.00</b>	91.00	92.00	<b>91.50</b>
<b>Muestra 9</b>	240.00	238.00	238.00	240.00	<b>239.00</b>	112.00	110.00	<b>111.00</b>	90.00	92.00	<b>91.00</b>
<b>Muestra 10</b>	239.00	239.00	239.00	238.00	<b>238.75</b>	113.00	112.00	<b>112.50</b>	91.00	91.00	<b>91.00</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 31. Variación dimensional de adobe tradicional

<b>ADOBE CON 0% DE FIBRA DE VIDRIO</b>									
Espécimen	Largo (mm)			Ancho (mm)			Altura		
	L Prom.	L. Especif.	Var. D (%)	A Prom.	A. Especif.	Var. D (%)	H Prom.	H. Especif.	Var. D (%)
<b>Muestra 1</b>	240.25	240	-0.10	111.50	130	14.23	80.75	90	10.28
<b>Muestra 2</b>	239.63	240	0.16	111.75	130	14.04	88.75	90	1.39
<b>Muestra 3</b>	236.00	240	1.67	112.75	130	13.27	88.50	90	1.67
<b>Muestra 4</b>	237.63	240	0.99	113.50	130	12.69	79.50	90	11.67
<b>Muestra 5</b>	237.50	240	1.04	113.50	130	12.69	80.50	90	10.56
<b>Muestra 6</b>	238.88	240	0.47	113.50	130	12.69	80.75	90	10.28
<b>Muestra 7</b>	240.75	240	-0.31	112.50	130	13.46	90.00	90	0.00
<b>Muestra 8</b>	242.25	240	-0.94	111.50	130	14.23	89.50	90	0.56
<b>Muestra 9</b>	241.88	240	-0.78	111.50	130	14.23	89.50	90	0.56
<b>Muestra 10</b>	241.03	240	-0.43	112.50	130	13.46	89.50	90	0.56
	<b>239.58</b>	240	<b>0.18</b>	<b>112.45</b>	130	<b>13.50</b>	<b>85.73</b>	<b>90</b>	<b>4.75</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 32. Variación dimensional de adobe con 3% de fibra de vidrio

<b>ADOBE CON 3% DE FIBRA DE VIDRIO</b>									
Especímen	Largo (mm)			Ancho (mm)			Altura		
	L Prom.	L. Especif.	Var. D (%)	A Prom.	A. Especif.	Var. D (%)	H Prom.	H. Especif.	Var. D (%)
<b>Muestra 1</b>	243.88	240	<b>-1.61</b>	112.75	130	<b>13.27</b>	83.75	90	<b>13.27</b>
<b>Muestra 2</b>	245.13	240	<b>-2.14</b>	114.50	130	<b>11.92</b>	88.25	90	<b>11.92</b>
<b>Muestra 3</b>	247.00	240	<b>-2.92</b>	113.75	130	<b>12.50</b>	85.50	90	<b>12.50</b>
<b>Muestra 4</b>	239.75	240	<b>0.10</b>	114.50	130	<b>11.92</b>	84.50	90	<b>11.92</b>
<b>Muestra 5</b>	240.25	240	<b>-0.10</b>	112.00	130	<b>13.85</b>	80.50	90	<b>13.85</b>
<b>Muestra 6</b>	240.63	240	<b>-0.26</b>	112.25	130	<b>13.65</b>	82.00	90	<b>13.65</b>
<b>Muestra 7</b>	240.00	240	<b>0.00</b>	113.50	130	<b>12.69</b>	90.50	90	<b>12.69</b>
<b>Muestra 8</b>	241.00	240	<b>-0.42</b>	113.00	130	<b>13.08</b>	92.00	90	<b>13.08</b>
<b>Muestra 9</b>	241.63	240	<b>-0.68</b>	110.50	130	<b>15.00</b>	91.00	90	<b>15.00</b>
<b>Muestra 10</b>	240.63	240	<b>-0.26</b>	111.50	130	<b>14.23</b>	91.50	90	<b>14.23</b>
	<b>241.99</b>	240	<b>-0.83</b>	<b>112.83</b>	130	<b>13.21</b>	<b>86.95</b>	<b>90</b>	<b>3.39</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 33. Variación dimensional de adobe con 5% de fibra de vidrio

<b>ADOBE CON 5% DE FIBRA DE VIDRIO</b>									
Espécimen	Largo (mm)			Ancho (mm)			Altura		
	L Prom.	L. Especif.	Var. D (%)	A Prom.	A. Especif.	Var. D (%)	H Prom.	H. Especif.	Var. D (%)
<b>Muestra 1</b>	243.63	240	<b>-1.51</b>	112.25	130	<b>13.65</b>	84.00	90	<b>13.65</b>
<b>Muestra 2</b>	244.00	240	<b>-1.67</b>	114.75	130	<b>11.73</b>	84.75	90	<b>11.73</b>
<b>Muestra 3</b>	247.38	240	<b>-3.07</b>	116.25	130	<b>10.58</b>	84.75	90	<b>10.58</b>
<b>Muestra 4</b>	238.88	240	<b>0.47</b>	113.25	130	<b>12.88</b>	83.75	90	<b>12.88</b>
<b>Muestra 5</b>	239.00	240	<b>0.42</b>	113.25	130	<b>12.88</b>	84.75	90	<b>12.88</b>
<b>Muestra 6</b>	239.63	240	<b>0.16</b>	113.25	130	<b>12.88</b>	88.25	90	<b>12.88</b>
<b>Muestra 7</b>	241.13	240	<b>-0.47</b>	112.50	130	<b>13.46</b>	92.00	90	<b>13.46</b>
<b>Muestra 8</b>	241.50	240	<b>-0.63</b>	113.50	130	<b>12.69</b>	89.50	90	<b>12.69</b>
<b>Muestra 9</b>	243.38	240	<b>-1.41</b>	112.00	130	<b>13.85</b>	91.00	90	<b>13.85</b>
<b>Muestra 10</b>	241.75	240	<b>-0.73</b>	111.00	130	<b>14.62</b>	90.50	90	<b>14.62</b>
	<b>242.03</b>	240	<b>-0.84</b>	<b>113.20</b>	130	<b>12.92</b>	<b>87.33</b>	<b>90</b>	<b>2.97</b>

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 34. Variación dimensional de adobe con 7% de fibra de vidrio

<b>ADOBE CON 7% DE FIBRA DE VIDRIO</b>									
Espécimen	Largo (mm)			Ancho (mm)			Altura		
	L Prom.	L. Especif.	Var. D (%)	A Prom.	A. Especif.	Var. D (%)	H Prom.	H. Especif.	Var. D (%)
<b>Muestra 1</b>	246.13	240	-2.55	113.75	130	12.50	83.75	90	12.50
<b>Muestra 2</b>	247.25	240	-3.02	116.25	130	10.58	86.00	90	10.58
<b>Muestra 3</b>	248.00	240	-3.33	114.75	130	11.73	89.25	90	11.73
<b>Muestra 4</b>	242.38	240	-0.99	119.50	130	8.08	86.25	90	8.08
<b>Muestra 5</b>	243.38	240	-1.41	116.75	130	10.19	85.50	90	10.19
<b>Muestra 6</b>	241.88	240	-0.78	112.25	130	13.65	84.75	90	13.65
<b>Muestra 7</b>	240.13	240	-0.05	114.00	130	12.31	90.50	90	12.31
<b>Muestra 8</b>	240.18	240	-0.07	112.00	130	13.85	91.50	90	13.85
<b>Muestra 9</b>	239.00	240	0.42	111.00	130	14.62	91.00	90	14.62
<b>Muestra 10</b>	238.75	240	0.52	112.50	130	13.46	91.00	90	13.46
	<b>242.71</b>	240	<b>-1.13</b>	<b>114.28</b>	130	<b>12.10</b>	<b>87.95</b>	<b>90</b>	<b>2.28</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4. ABSORCION

Cuadro 35. Absorción de adobe tradicional

Fibra de Vidrio %	Espécimen	Peso Seco	Peso Saturado	Abs
0%	1	3570	3832	7.34
	2	3576	3836	7.27
	3	3530	3888	10.14
	4	3537	3840	8.57
	5	3402	3649	7.26
	6	3345	3653	9.21

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 36. Absorción de adobe con 3% de fibra de vidrio

Fibra de Vidrio %	Espécimen	Peso Seco	Peso Saturado	Abs
3%	1	3303	3834	16.08
	2	3340	3922	17.43
	3	3346	3907	16.77
	4	3302	3840	16.29
	5	3338	3878	16.18
	6	3327	3874	16.44

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 37. Absorción de adobe con 5% de fibra de vidrio

Fibra de Vidrio %	Espécimen	Peso Seco	Peso Saturado	Abs
5%	1	3235	3921	21.21
	2	3197	3891	21.71
	3	3316	3958	19.36
	4	3172	3831	20.78
	5	3215	3904	21.43
	6	3147	3771	19.83

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 38. Absorción de adobe con 7% de fibra de vidrio.

<b>Fibra de Vidrio %</b>	<b>Espécimen</b>	<b>Peso Seco</b>	<b>Peso Saturado</b>	<b>Abs</b>
7%	1	3409	4276	25.43
	2	3328	4124	23.92
	3	3538	4431	25.24
	4	3499	4270	22.03
	5	3500	4405	25.86
	6	3587	4391	22.41

Fuente: Elaboración propia