

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a compresion de adobe con fibra de maguey, centro  
poblado de hualcan - carhuaz 2018.**

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

**AUTOR:**

VEGA PRINCIPE SERGIO REYNALDO

**ASESOR:**

FLORES REYES GUMERCINDO

**Huaraz –peru**

**2019**

## PALABRAS CLAVE

Tema	Resistencia, compresión, adobe, fibra de maguey
Especialidad	Tecnología de la construcción

## KEYWORDS

Tema	Resistance, compression, adobe, maguey fiber
Especialidad	Construction technology

## LÍNEA DE INVESTIGACION

<b>programa</b>	<b>Ingeniería civil</b>
<b>Línea de investigación</b>	<b>Construcción y gestión de construcción</b>
<b>OCDE</b>	2. Ingeniería y tecnología 2.1 Ingeniería civil
<b>Sub líneas o campos de la investigación</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• materiales de la construcción</li><li>• tecnología de la construcción y procesos constructivos.</li></ul>

## **TITULO DE LA INVESTIGACION**

Resistencia A Compresion De Adobe Con Fibra De Maguey, Centro Poblado  
De Hualcan - Carhuaz 2018.

## RESUMEN

El proyecto de investigación que se realizó tiene por objetivo evaluar la Resistencia a compresión, del adobe compactado con fibra de maguey, para Ello se realizó el estudio de suelos para caracterizar los materiales y elaborar bloques de adobe compactado. La tierra utilizada para la elaboración de las unidades fue extraída de la cantera “Centro poblado de hualcan”, inicialmente se realizó el análisis granulométrico y los límites de consistencia para clasificar los suelos y ver si cumple con los requisitos que exige la N.T.P E.080- DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADO, los bloques de tierra de la muestra patrón elaborados sin fibra de maguey y en los bloques de tierra con porcentajes de 10%, 20% y 30% con fibra de maguey , estos adobes fueron elaborados a través de la máquina CINVA RAM, alquilado de una compañía particular.

Los resultados obtenidos del ensayo a compresión, nos indican que todos los adobes superan la resistencia mínima que indica la norma técnica de edificaciones E.080, los resultados de la muestra patrón y con la fibra de maguey de 10%, 20% y 30% presentan valores de 18.59 kg/cm<sup>2</sup>, 20.12 kg/cm<sup>2</sup>, 25.26 kg/cm<sup>2</sup> y 28.54 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo el adobe con mejor resistencia a la compresión el de 30% con fibra de maguey.

## ABSTRACT

The objective of this thesis was to evaluate the compressive strength of the adobe compacted with maguey fiber, for which the study of soils was carried out to characterize the materials and elaborate blocks of compacted adobe. The land used for the production of the units was extracted from the quarry "Center populated of Hualcan", initially the granulometric analysis and the limits of consistency to classify the soils and see if it meets the requirements required by the NTP E.080 DESIGN AND CONSTRUCTION WITH REINFORCED EARTH , the blocks of land of the standard sample made without maguey fiber and in the blocks of earth with percentages of 10%, 20% and 30% with maguey fiber, these adobes were elaborated through the CINVA RAM machine, rented from a private company.

The results obtained from the compression test, indicate that all adobes exceed the minimum resistance indicated by the technical standard of buildings E.080, the results of the standard sample and with the maguey fiber of 10%, 20% and 30% they present values of 18.59 kg / cm<sup>2</sup>, 20.12 kg / cm<sup>2</sup>, 25.26 kg / cm<sup>2</sup> and 28.54 kg / cm<sup>2</sup> respectively, being the adobe with better resistance to compression than 30% with maguey fiber

## INDICE

TEMA	PAGINA
Palabras clave- KeyWords – Línea de Investigación.....	I
Título de la investigación.....	II
Resume.....	III
Abstract.....	IV
Índice.....	V
Índice de Tablas.....	VI
Índice de Figuras.....	VII
Índice de Gráficos.....	VIII
I. Introducción.....	1
II. Metodología.....	44
III. Resultados.....	49
IV. Análisis y discusión.....	64
V. Conclusiones y Recomendaciones.....	65 -66
VI. Referencias Bibliográficas.....	67-68
Agradecimientos.....	69
Anexo y Apéndice.....	70

## INDICE DE TABLAS

	<b>Páginas</b>
<b>Tabla 01.</b> Muestra del jugo de maguey.....	45
<b>Tabla 02.</b> Cantidad de adobes para la muestra de compresion.....	52
<b>Tabla 03.</b> Límite de consistencia (limite liquido).....	53
<b>Tabla 04.</b> Límite de consistencia (limite plástico). .....	56
<b>Tabla 05.</b> Análisis granulométrico por tamizado .....	57
<b>Tabla 06.</b> Descripción de la muestra .....	58
<b>Tabla 07.</b> Ensayo de tracción de la fibra. ....	58
<b>Tabla 08.</b> Resultados de la tracción de la fibra de maguey .....	58
<b>Tabla 09.</b> Fuerza de tracción de una fibra de maguey.....	58
<b>Tabla 10.</b> Resultados de ensayo de resistencia a compresion del adobe patrón.....	58
<b>Tabla 11.</b> Resultados de ensayo de resistencia a compresion del adobe con 10% de fibra de maguey.....	59
<b>Tabla 12.</b> Resultados de ensayo de resistencia a compresion del adobe con 20% de fibra de Maguey.....	60
<b>Tabla 13.</b> Resultados de ensayo de resistencia a compresion del adobe con 30% de fibra de maguey.....	61

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Páginas</b>
<b>Figura 01.</b> Carta de plasticidad casa grande.....	21
<b>Figura 02.</b> Grafica diagonal formalmente en sismos.....	24
<b>Figura 03.</b> Planta de maguey .....	33
<b>Figura 04.</b> Ubicación para la extracción del suelo.....	45
<b>Figura 05.</b> Extracción del suelo del centro poblado de hualcan.....	46
<b>Figura 06.</b> Limpiando material orgánico.....	46
<b>Figura 07.</b> Llenado del suelo en sacos para su traslado.....	46
<b>Figura 08.</b> Asiendo las bolitas para la prueba de la resistencia.....	46
<b>Figura 09.</b> Bolitas de tierra para la prueba de resistencia.....	46
<b>Figura 10.</b> Ubicación de las plantas de maguey.....	46
<b>Figura 11.</b> Plantas de maguey en estado silvestre.....	46
<b>Figura 12.</b> Sacando las hojas de maguey para la extracción de la fibra.....	46
<b>Figura 13.</b> Medidas para la extracción de la fibra.....	46
<b>Figura 14.</b> Medidas a utilizar en la elaboración del adobe.....	46
<b>Figura 15.</b> Hoja de maguey cortada a 10cm.....	46
<b>Figura 16.</b> Extracción manual con comba de la fibra de maguey.....	47
<b>Figura 17.</b> fibra de maguey extraída.....	47
<b>Figura 18.</b> Lavado del material orgánico para la separación de la fibra.....	47
<b>Figura 19.</b> Ubicación de la área de la compactación del adobe.....	47
<b>Figura 20.</b> Pesando el suelo para elaboración del adobe.....	48
<b>Figura 21.</b> Maquina cinva ram para elaboración del adobe.....	48
<b>Figura 22.</b> Pesando la fibra de maguey.....	48
<b>Figura 23.</b> Mesclado del suelo con la fibra de maguey.....	48
<b>Figura 24.</b> Llenado de la mezcla a la maquina cinva ram.....	48
<b>Figura 25.</b> Compresion con la máquina cinva ram.....	48
<b>Figura 26.</b> Extrayendo el adobe de la maquina cinva ram.....	48
<b>Figura 27.</b> Adobe elaborado con fibra de maguey.....	48
<b>Figura 28.</b> Medición del adobe elaborado.....	48

<b>Figura 29.</b> Adobe en proceso de secado.....	78
<b>Figura 30.</b> Máquina de tracción de la universidad nacional de ingeniería.....	78
<b>Figura 31.</b> Fibra de maguey para el ensayo de tracción.....	79
<b>Figura 32.</b> Amarrando la fibra de maguey para el ensayo de tracción.....	79
<b>Figura 33.</b> Tracción de la fibra de maguey.....	80
<b>Figura 34.</b> Medida de la resistencia de la fibra de maguey.....	80
<b>Figura 35.</b> Rotura de la fibra de maguey.....	80
<b>Figura 36.</b> suelo para el ensayo de la granulometría.....	<b>81</b>
<b>Figura 37.</b> Realizando el ensayo de granulometría por tamizado.....	81
<b>Figura 38.</b> Tamices para realizar el ensayo de granulometría.....	81
<b>Figura 39.</b> Llevando al horno para el cálculo de la humedad.....	81
<b>Figura 40.</b> Realizando el ensayo de consistencia en la copa de casa grande.....	82
<b>Figura 41.</b> Maquina de compresion de la universidad san pedro.....	<b>82</b>
<b>Figura 42.</b> Adobe seco para realizar el ensayo de compresion.....	82
<b>Figura 43.</b> Realizando el ensayo de compresion de adobe patrón y experimental.....	82
<b>Figura 44.</b> Adobe despues del ensayo de compresion.....	82

<b>INDICE DE GRAFICOS</b>	<b>Páginas</b>
<b>Gráfico 01.</b> límite de consistencia.....	54
<b>Gráfico 02.</b> curva granulométrico.....	57
<b>Gráfico 03.</b> Resistencia a la compresion del adobe - patrón.....	59
<b>Gráfico 04.</b> Resistencia a la compresion del adobe con 10% de fibra de maguey.....	60
<b>Gráfico 05.</b> Resistencia a la compresion del adobe con 20% de fibra de maguey.....	61
<b>Gráfico 06.</b> Resistencia a la compresion del adobe con 30% de fibra de maguey.....	62
<b>Gráfico 07.</b> Comparación de la Resistencia a la compresion patrón-experimental.....	63

## I. INTRODUCCION

Los antecedentes referidos al estudio de investigación, después de haberse realizado la búsqueda bibliográfica estuvo orientada a determinar a aquellas instituciones o investigaciones que han efectuado estudios realizados con la estabilización de adobe con adición de diferentes materiales.

Hassan Fathy fue un notable arquitecto egipcio pionero en el uso de la tecnología de la construcción con adobe, que es a un hoy considerada apropiado en Egipto. Restableció el uso del adobe empleando métodos de diseño y materiales antiguos. Integró la situación económica rural del país con el amplio conocimiento de la arquitectura antigua y técnicas de diseños de ciudades. Entrenó a los habitantes locales para que construyeran sus propias casas y dejó al mundo su gran legado.

Según Ríos, 2010, Siendo esta investigación experimental El presente informe contiene los resultados del efectos de la adición de ácidos grasos emulsificador y un polímero natural látex en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado y estabilizado con cemento, indica que el látex tiene un impacto positivo en la resistencia mecánica y absorción de agua en el adobe compactado; sin embargo, en proporciones mayores de 2% de látex, dicho efecto disminuye, por lo que este porcentaje se considera como el óptimo combinando con 1% de jabón como estabilizante y la adición de jabón presento un impacto negativo en las propiedades de resistencia a compresión y flexión; sin embargo, en la absorción de agua el aforo fue positivo, reduciendo la absorción de los especímenes elaborados con 0.5 y 1% de jabón.

Según la tesis mencionada anteriormente se puede observar que al agregar látex en porcentajes menores al 2% aumenta su resistencia mecánica y al adicionarle jabón presenta un impacto negativo en su resistencia a la compresión y flexión; sin embargo, reduce la absorción del adobe compactado.

Según Morales, Ortiz, & Alavés, 2007, en su investigación el artículo científico El presente informe contiene los resultados de la adición del cemento tipo Portland como estabilizante en los adobes compactados, contribuye a mejorar notablemente las características mecánicas, se encontró que la resistencia a la compresión de los adobes compactados, tanto a la primera grieta como a la ruptura total, se incrementó notablemente con los contenidos del 4% al 8% de cemento en la mezcla, respecto a los adobes control; a partir del 8% y hasta el 16% respecto a las pruebas de flexión se observó una pérdida de ésta al adicionarle cemento a la mezcla, misma que es recuperada en los porcentajes de 12% y superiores de cemento, respecto a las pruebas de absorción en agua durante 24 horas, se detectó una ligera disminución conforme se incrementó la presencia de cemento en la mezcla.

Según el artículo mencionado anteriormente nos dice que al agregar cemento aumenta notablemente su resistencia mecánica tanto a compresión y a flexión, además disminuye la absorción del adobe compactado.

Según Delgado, 2006, en su investigación contiene los resultados. nos dice que el espécimen de adobe confinado de 2 pisos, sin techo y a escala  $\frac{3}{4}$ , que por primera vez se ensayó en mesa vibradora, son de gran utilidad porque permiten detectar las zonas débiles del sistema, el cual se apreció un buen comportamiento, incluso ante sismos catastróficos, de los muros de corte del primer y segundo piso, así como del muro de flexión del primer piso. En estos casos, las fisuras fueron finas y ningún adobe se trituró.

Al reforzar con los muros de adobe con refuerzo horizontal y vertical se obtiene un buen comportamiento frente a los sismos, presentando mínimas fisuras.

Según Cabrera & Huaynate, 2010, en su investigación el informe contiene los resultados de la contribución del diseño de viviendas de adobe para que sean capaces de resistir el impacto de una inundación y llegaron a la conclusión que el método con mejores resultados contra el colapso por inundación prolongada fue la utilización de un sobrecimiento de concreto simple en la base de los muros de adobe

convencional, con un peralte que sea 30 cm mayor que la altura de agua esperada. En esta técnica sólo se observó un ascenso de agua por capilaridad de 5 cm en el concreto que no llegó a afectar ningún adobe. Para abaratar costos, es necesario estudiar esta solución utilizando un sobrecimiento de concreto ciclópeo o de albañilería de arcilla industrial.

Según Mejía, 2014, en su investigación el informe contiene los resultados de la resistencia a compresión del bloque de adobe estabilizado y compactado, en porcentajes de 8, 10, 12 y 14% de cemento, presentó valores de 35.63, 46.24, 49.50 y 52.36 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo mayores al valor de un adobe tradicional (15.28 kg/cm<sup>2</sup>) o lo especificado por la Norma de Adobe E. 080 (12 kg/cm<sup>2</sup>) y en dosificaciones de 12 y 14%, cumple con las características de la Norma de Albañilería E. 070, para ser usado como un Bloque Portante (50 kg/cm<sup>2</sup>).

La resistencia a flexión del bloque de adobe estabilizado y compactado, en porcentajes de 8, 10, 12 y 14% de cemento, presentó valores de 9.65, 10.33, 10.63 y 12.57 respectivamente, siendo mayores al valor de un adobe tradicional (5.60 kg/cm<sup>2</sup>) y con una dosificación de 14% de cemento, el bloque de adobe estabilizado y compactado resultó ser más resistente que los ladrillos de arcilla de fábrica y artesanal

Según esta tesis realizada en Cajamarca se puede observar que el adobe compactado y estabilizado aumenta su resistencia superando lo que indica el reglamento tanto en compresión como en flexión, además disminuye la absorción del adobe.

Quispe y Rondón (2012), en su propuesta. Hizo un análisis comparativo entre dos alternativas de reforzamiento para edificaciones existentes de adobe: Geomalla y Malla Electrosoldada, seleccionándose la mejor. Segundo, se hizo el análisis y diseño de los elementos estructurales de refuerzo de la mejor alternativa. Tercero, se presentó la propuesta de reforzamiento y se capacitó a los pobladores. Concluye que se dieron soluciones prácticas para corregir las deficiencias encontradas.

Hace poco más de tres décadas, investigadores de la Pontificia Universidad católica del Perú han estudiado y desarrollado sistemas de refuerzo exitosos para las construcciones de adobe. Refuerzos de madera y varillas de acero (Curazao y

Blondet 1973), estos investigadores dieron resultados positivos en ensayos estáticos sobre una mesa inclinable. Un refuerzo basado en una malla de caña interna (Blondet et al. 1988), han mejorado la respuesta sísmica en construcciones de adobe. Asimismo, la colocación de una malla electrosoldada externa en franjas horizontales y verticales, simulando vigas y columnas, cubierta por un tarrajeo de cemento-arena (Zegarra et al. 1996), ha protegido satisfactoriamente a viviendas de adobe frente a sismos (Quiun et al. 2008, San Bartolomé et al. 2008).

Chuquimia, Haider y Quiun (2006), en su trabajo de investigación abordan el problema de edificaciones con adobe en oficinas institucionales del Proyecto “Gestión de Riesgo de Desastres Naturales con enfoque de Seguridad Alimentaria” de GTZ y COPASA, en la Sierra de la región Arequipa, en el Sur del Perú. Su construcción promueve el uso de la tecnología de refuerzo exterior en muros usando mallas electrosoldadas, además comprueba que su aplicación en viviendas pequeñas puede ser replicada con facilidad en locales comunales, postas de salud o colegios. Con los resultados los investigadores esperan que también se interesen los gobiernos locales y organismos del estado, que promueven construcciones de infraestructura urbana, o programas de vivienda de interés social a aplicar esta alternativa tecnológica en sus proyectos; más aún, conociendo que es un sistema económico, sismorresistentes, utiliza materiales locales y es acorde con escenarios andinos tradicionales. Concluye que con su investigación demuestran que se cuenta con una tecnología sismo resistente que puede ser usada con versatilidad tanto en construcciones de viviendas pequeñas como en edificaciones públicas. Además, confirma la nobleza del adobe como material constructivo, confortable, económico, térmico y con mucho potencial respecto de su duración y acabados, constituyendo una alternativa seria para las poblaciones de áreas rurales de la Sierra peruana.

Existen otros tipos refuerzos sísmicos adecuados para viviendas de adobe que han sido estudiados en los laboratorios de la Pontificia Universidad católica del Perú. Por ejemplo, se ha investigado la acción de un refuerzo de mallas de polietileno (geomallas) fijadas a los muros de adobe. Este refuerzo ha dado resultados más que satisfactorios en ensayos de simulación sísmica (Blondet et al. 2008b). Tal es así, que este material ya ha sido aprobado por el Comité Técnico de

la Dirección de Construcción del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento como refuerzo para las construcciones de adobe y fue anexado a la Norma Técnica Peruana E.080 de adobe el día 28 de marzo del 2008.

Producto de las investigaciones se han elaborado manuales de capacitación para la construcción de viviendas de adobe tales como el Manual técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y sierra (GTZ-CERESIS-PUCP, 1997), Manual para elaborar adobes mejorados y Manual de construcciones sismo resistentes en adobe (GTZ-PUCP, 2005), Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas zona costa y zona sierra (Vargas, et al., 2007), Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras (Blondet, 2010).

La fundamentación científica referido al estudio de investigación, se fundamenta en la tecnología de concreto, la búsqueda constante de nuevos métodos de construcción que reduzcan el impacto sobre nuestro ambiente, hacen que cada vez se investigue más sobre nuevos materiales tipo ecológico, se busca que los procesos de construcción sean responsables con el ambiente y ocupen recursos de manera eficiente durante el tiempo de vida de la construcción, la utilización de concreto permeable usa los principios básicos del concreto, de igual manera acapara las investigaciones en su diseño y análisis tanto en el mundo, nuestro país y nuestra zona.

El adobe: es un ladrillo hecho con barro en donde la materia prima predominante es la tierra o barro, aunque en la mayoría de los casos ha sido utilizado en zonas costeras o zonas desérticas y áridas, también ha sido utilizado y adaptado como muros de diferentes formas en muchos países y climas lluviosos. La mezcla ideal contiene un 20% de arcilla y un 80% de arena. Estos materiales, mezclados con agua, adquieren una forma más fluida que permite volcarla en formas de madera con las dimensiones buscadas. Cuando parte del agua se evapora, el ladrillo es capaz de sostenerse por sí mismo, se remueve la forma y se completa el secado al sol. La

cura completa toma unos 30 días. Es entonces cuando el adobe se vuelve más resistente (Palacios, 2012).

Es un ladrillo de barro sin cocer. Es el material más usado en construcciones rurales y en construcciones económicas de un solo piso. El adobe estabilizado: adobe en el que se ha incorporado otros materiales, con el fin de mejorar sus condiciones de estabilidad ante la presencia de humedad.

A la paja se la considera comúnmente como parte esencial del ladrillo de adobe. Esto no es cierto y los ladrillos de adobe contemporáneos no la usan. Su uso se creyó importante para dar rigidez al adobe, o evitar rajaduras al secarse. Lo cierto es que si la proporción de arcilla y arena es la correcta, no se la necesita. Si el adobe se raja al secarse es porque tiene mucha arcilla.

El adobe puede ser tecnificado, se hace con tierra del sitio o de la región la cual debe de contar con arcilla, limos, arenas y gravas. Se estabilizada con cemento, lo cual consiste en evitar cambios volumétricos y obtener a la vez mayor resistencia a la compresión, a la intemperie y humedad. Este material está entre los sistemas constructivos que se basan en el uso de suelo-cemento. Se trata de un sistema modular que consta de blocks de suelo-cemento que se fabrican compactados a alta presión hidráulica, usados como elementos de mampostería tradicional y que pueden ser sólidos, huecos, y en forma de dala o en “U”, facilitando traslapes y amarres de varillas.

La típica vivienda de adobe en el Perú posee 1 o 2 pisos. La mayoría, en especial las de la zona rural, no cuentan con sobre cimientos adecuados. El espesor de los muros es variable, desde 0,30m hasta 1,00 m (antiguas casonas). Las habitaciones son espaciosas (en especial la sala). Las cocinas y los baños se encuentran, generalmente, fuera de la vivienda. Poseen un espacio en el parte posterior utilizado como depósito o para la crianza de animales. El techo está compuesto por troncos de eucalipto apoyados sobre los muros, con pendientes a una o dos aguas. La cobertura de los techos es de carrizo y sobre esta se coloca una torta de barro; otras viviendas utilizan tejas o calaminas.

## Composición del Adobe

La arcilla es un mineral formado por la disgregación de diversos tipos de roca, bajo la acción de los agentes atmosféricos. Contiene como componente principal el Óxido de Silicio ( $\text{SiO}_2$ ) llamado silicato; y el Óxido de Aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) llamado alúmina. Las dimensiones de los cristales de arcilla son muy pequeñas (inferiores a 2 micrones) y a menudo tienen una forma hexagonal. Cada cristal está formado por una serie de delgadas hojas (en diversas cantidades).

Cada hoja es llamada paquete porque está compuesto de 2 o 3 estratos de silicato y alúmina. Los silicatos son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen más del 95% de la corteza terrestre, además del grupo de más importancia geológica por ser Petro génicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno. Estos elementos pueden estar acompañados de otros entre los que destacan aluminio, hierro, magnesio o calcio.

Cada paquete trae sobre su superficie grupos oxhídricos (OH) con sus respectivas cargas negativas, es por este motivo que los iones positivos pueden restar ínter polaridad entre ellos.

La molécula de agua que posee cargas eléctricas de ambos signos viene atraída en el espacio que existe entre ambos paquetes, causando un desmembramiento general de la arcilla.

En ambiente seco se pierde agua y la arcilla se contrae. La arcilla es plástica porque los paquetes resbalan el uno sobre el otro a la más débil presión.

Si agregamos más agua a la arcilla húmeda, entonces tendremos una completa dispersión.

## Tipos de Adobe

### El adobe compactado

La compactación en el adobe es una alternativa en la que se aprovecha las ventajas del adobe tradicional para minimizar sus desventajas de resistencia, ya que al mezclar adecuadamente los ingredientes del adobe tradicional y luego a éstos

agregarle una fuerza de compactación con una prensa se obtiene un material más homogéneo. El efecto que la compactación produce, se refleja en el aumento en la densidad del adobe, incrementando su resistencia mecánica, debido a que se disminuye la porosidad (Ríos,2010).

#### Adobe Estabilizado

Adobe en el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad (NTE E .080, 2017).

Un adobe totalmente estabilizado debe limitar la proporción del agua que asimila al 4% de su peso, requiriendo para ello la incorporación de una emulsión asfáltica que fluctúa entre el 6 y el 12% de su peso total.

#### Adobe No Estabilizado.

Originalmente el adobe se elabora con faja las cuales ayudan a mejorar su comportamiento ante el efecto de contracción y expansión del material que se evidencian principalmente con agrietamientos; sin embargo, si la consistencia del suelo con que se elabora este material esta equilibrada y presenta cambios dimensionales despreciables.

El comportamiento del adobe está ligado a las condiciones y constitución del suelo con que éste se elabora. Un suelo excesivamente arcilloso exigirá la incorporación de una mayor proporción de otros componentes para balancear su capacidad de contracción y expansión que puede conducir a fisuras y deformaciones (Ríos, 2010).

Por la naturaleza de los materiales que lo constituyen, así como su proceso de fabricación, el adobe no requiere de uso de combustibles, por lo que representa un ahorro económico estimado en el 40% con relación al ladrillo de barro recocido, puesto que este material no requiere de un proceso de cocción a diferencia del ladrillo.

Una de las desventajas más significativas del adobe tradicional, después de sus prestaciones mecánicas limitadas, está en la utilización de un gran número de obreros que se requiere para la elaboración del mismo (Ríos, 2010).

#### El Suelo

El suelo está formado por diferente granulometría, según la norma NTP 339.134, 1999 y el libro Mecánica de Suelos y Cimentaciones de Carlos Crespo Villalaz define en tres tipos que son arenas, limos y arcillas.

#### Arena

Es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial y cuyas partículas varían entre 2 mm y 0.05 mm de diámetro.

El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: Las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla. Las arenas estando limpias no se contraen al secarse, no son plásticas, son mucho menos compresibles que la arcilla y si se aplica una carga en su superficie, se comprimen casi de manera instantánea (Crespo, 2000).

#### Limo

Un limo con suficiente contenido de materia orgánica como para influenciar las propiedades del suelo. Con propósitos de clasificación, un limo orgánico es un suelo que podría ser clasificado como un limo, excepto que el valor de su límite líquido después del secado al horno es menor que el 75% del valor de su límite líquido antes del secado (NTP 339.134, 1999).

#### Arcilla

Suelo que pasa la malla estándar N° 200 (75- $\mu$ m) y puede exhibir plasticidad (propiedades plásticas) dentro de un cierto rango de contenido de humedad y que tiene una considerable resistencia cuando está en seco. Con propósito de clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino o la porción de grano fino de un suelo, con índice plástico igual o mayor que 4 y su ubicación dentro de un gráfico de índice plástico versus límite líquido cae en o sobre la línea "A" (NTP 339.134, 1999).

Son silicatos de aluminio hidratado que desarrollan plasticidad cuando se mojan. Algunas arcillas, como las sódicas, se hidratan y se dispersan o hinchan considerablemente. Otras, como las cálcicas, se hidratan, pero se dispersan ligeramente (Alcalá & Rojas, 2011).

#### Propiedades Físicoquímicas De Las Arcillas

Las distintas aplicaciones de las arcillas radican principalmente en sus propiedades físicoquímicas, que se derivan principalmente de:

Su pequeño tamaño de partícula (inferior a 2µm)

Su morfología laminar (filosilicatos)

Las sustituciones isométricas, que dan lugar a aparición de carga en las láminas y a la presencia de cationes débilmente ligados en el espacio interlaminar.

Como consecuencia de estos factores, presentan, por una parte, un valor elevado de área superficial y a la vez, presencia de una gran cantidad de superficie activa, con enlaces no saturados (Ríos, 2010).

#### Plasticidad

Las arcillas son eminentemente plásticas. Esto se debe a que el agua forma una película de recubrimiento sobre las partículas laminares produciendo un efecto lubricante que facilita el deslizamiento de una partícula sobre otras cuando se ejerce un esfuerzo sobre ella.

La elevada plasticidad de las arcillas es consecuencia, nuevamente de su morfología laminar, tamaño de partícula extremadamente pequeña (elevada área superficial) y alta capacidad de hinchamiento. Dicha plasticidad puede ser

cuantificada mediante la determinación de los índices de Atterberg (Límite líquido, límite plástico y contracción). La relación entre el límite líquido y el índice de plasticidad ofrece una gran información sobre la composición granulométrica, comportamiento, naturaleza y calidad de la arcilla. En general, cuanto más pequeña son las partículas y más imperfecta su estructura, más plástico es el material (Ríos, 2010).

## Ventajas y Desventajas Del Adobe

- Baja conductividad térmica que vuelve las construcciones de adobe tan acogedoras.
- La materia prima está siempre presente en el lugar de construcción con el ahorro consiguiente en su transporte.
- Abundancia de la materia prima
- Se puede construir de manera artesanal y con tecnología
- Facilidad de producción y construcción
- No requiere de mucha instrumentación
- No se utiliza fierro ni cemento
- Buen aislante acústico.
- Regulador ambiental en cuanto a temperatura
- Facilidad de trabajarlo en la construcción

## Desventajas del adobe

- El adobe es higrófilo, es decir tiende a absorber la humedad atmosférica cuando el aire está saturado de manera que por ello pierde su resistencia a los esfuerzos, aun los de su propio peso.
- En la sierra, después de una lluvia prolongada por varios días, algunas paredes se desploman sin intervención de ninguna otra fuerza, debido a la humedad del ambiente.
- Su resistencia a la compresión es baja (de 3 a 5 Kg. por cm<sup>2</sup>) cuando está seco y pueden considerarse nulas a los esfuerzos de tracción.
- Nula o poca elasticidad, las deformaciones por esfuerzos no se recobran, y los esfuerzos para deformarla son muy bajos.
- No es recomendable para construcciones de más de uno o dos pisos.
- Son vulnerables al deterioro y exigen mayor mantenimiento
- Contaminación cuando se usa tierra de cultivo.

## ENSAYOS DE LABORATORIO

### Contenido de Humedad

Según la norma técnica peruana NTP 339.127, 1999, el contenido de humedad es la cantidad de agua que hay en una muestra de suelo, se determina como la relación que existe entre el peso del agua ( $W_w$ ) contenida en la muestra y el peso de fase sólida. Generalmente se expresa en porcentaje.

$$W (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad \text{Ecuación 1. Contenido de humedad}$$

Donde:

$W$  = Contenido de agua o humedad, (%)

$W_w$  = peso de agua presente en la masa de suelos, (gr)

$W_s$  = peso de la muestra seca, (gr)

Ensayo de contenido de humedad

Material

Muestra alterada extraída del estrato de estudio

Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

Estufa con control de temperatura

Taras

Procedimiento

Pesar la tara ( $W_t$ )

Pesar la muestra húmeda en la tara ( $W_h + t$ )

Secar la muestra en la estufa, durante 24 horas a 105 °C

Pesar la muestra seca en la tara ( $W_s + t$ )

Determinar el peso del agua  $W_w = (W_h + t) - (W_s + t)$

Determinar el peso de la muestra seca  $W_s = (W_s + t) - W_t$

Determinar el contenido de humedad  $W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$

## LÍMITES DE ATTERBERG O LÍMITES DE CONSISTENCIA

Según la norma técnica peruana (NTP), indica que originalmente Albert Atterberg definió seis "límites de consistencia" de suelos de grano fino: el límite superior de flujo viscoso, el límite líquido, el límite de pegajosidad, el límite de cohesión, el límite plástico y el límite de contracción. En ingeniería se usan frecuentemente el límite líquido, el límite plástico y en algunas referencias el límite de contracción.

Límites de consistencia. Es la relativa facilidad con la cual un suelo puede ser deformado.

### Límite Líquido (LL)

Según la norma técnica peruana NTP el límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a los largo de su fondo en la distancia de 13 mm (1/2 pulgada) cuando se deja caer la copa 25 veces una altura de 1cm a razón de dos caídas por segundo.

### Ensayo de Límite líquido

#### Material

Suelo seco que pasa la malla N° 40

#### Equipo

Malla N° 40

Copa de cas grande

Ranurador o acanalador

Balanza con aproximación de 0.01gr.

Estufa con control de temperatura

Espátula

Probeta de 100 ml.

Cápsula de porcelana

Taras identificadas

Procedimiento

Es una cápsula de porcelana mezclar el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme.

Colocar una porción de pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.

En el centro hacer una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.

Elevar y dejar caer la copa mediante la manivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm. Registrar el número de golpes.

Mediante la espátula retirar la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y colocarlo en una tara para determinar su contenido de humedad.

Retirar el suelo remanente de la copa de Casagrande y colocar en la cápsula de porcelana. Agregar agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto. O agregar suelo si el número de golpes ha sido bajo. (El número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35)

Lavar y secar la copa y el acanalador.

Repetir el ensayo mínimo 2 veces más.

Dibujar al curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de abscisas se registrara el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural.

Determinar la ordenada correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.

Límite plástico (LP)

Según la norma técnica peruana (NTP), el límite plástico es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre

los estados plásticos y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolado en hilo de 3,2mm. (1/8 pulgada) sin que se rompan en pedazos.

#### Suelo plástico

Es un suelo que tiene un rango de contenido de humedad sobre el cual exhibe plasticidad y sobre el cual mantendrá su forma bajo secado.

#### Ensayo de Límite plástico

##### Material

Una porción de la mezcla preparada para el límite líquido

##### Equipo

Balanza con aproximación de 0.01 gr.

##### Estufa

##### Espátula

##### Cápsula de porcelana

##### Placa de vidrio

##### Taras identificadas

##### Procedimiento

El límite plástico se determina presionando y enrollando alternadamente a un hilo de 3.2 mm, de diámetro (1/4 pulgada), una porción pequeña de suelo plástico hasta que su contenido de humedad se reduzca hasta el punto en que el hilo se quiebre y no pueda ser más presionado. El contenido de humedad del suelo en este punto se reporta como el límite plástico.

#### Índice de plasticidad

Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (NTP).

Según (Juárez & Rico, 2009) en su libro fundamentos de la mecánica de suelos nos dice que, para medir la plasticidad de las arcillas se ha desarrollado varios criterios de los cuales se mencionará uno de ellos los de Atterberg.

Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia., definidos por Atterberg.

Estado Líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.

Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.

Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.

Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aún disminuye de volumen al estar sujeto a secado.

Estado sólido, en que el volumen del suelo no varía con el secado.

$IP = LL - LP$  Ecuación 2. Índice de plasticidad

Donde:

IP. Índice de plasticidad

LL. Límite líquido

LP. Límite plástico

## ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.

Según la norma técnica peruana NTP 339.128, 1999, la granulometría consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que 75  $\mu\text{m}$  (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75  $\mu\text{m}$  se realiza mediante un proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro adecuado.

Los límites de tamaño de las partículas que constituyen un suelo ofrecen un criterio obvio para una clasificación descriptiva del mismo. Tal criterio fue usado en Mecánica de Suelos desde un principio e incluso antes de la etapa moderna de esta ciencia. Originalmente, el suelo se dividía únicamente en tres o cuatro fracciones debido a lo engorroso de los procedimientos disponibles de separación por tamaños. Posteriormente, con el advenimiento de la técnica del cribado, fue posible efectuar el trazo de curvas granulométricas, contando con agrupaciones de las partículas del suelo en mayor número de tamaño diferentes (Juárez & Rico, 2009).

Se utiliza cuando el material es fino (arcillo limoso) o cuando un material granular contiene fino.

#### Material

Muestra seca aproximadamente 200 gr si es material arcillo limoso y 500 gr si es material granular que contiene finos

#### Equipo

Juego de tamices

Balanza con aproximación de 01 gr.  
horno con control de temperatura

Taras

#### Procedimiento

Secar la muestra

Pesar la muestra seca ( $W_s$ )

Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algunas horas dependiendo del tipo de material.

Tamizar la muestra por la malla N° 200 mediante chorro de agua

La muestra retenida en la malla N° 200 se retira en un recipiente y se deja secar.

Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante tamizador

Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP)

$$\%RP = \frac{PRP}{W_s} * 100 \quad \text{Ecuación 3. Porcentajes de los pesos retenidos}$$

Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los % RP, es decir:

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ etc.}$$

Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz

$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%R.A$

Ecuación 4. Porcentajes que pasa en cada tamiz

Finalmente dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros y en el eje de ordenadas se registrarán los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.

## CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. Obviamente la Mecánica de Suelos desarrolló estos sistemas de clasificación desde un principio. Primeramente, dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos; nacieron así varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente (Juárez & Rico, 2009).

Es evidente que un sistema de clasificación que pretenda cubrir hoy las necesidades correspondientes debe estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser éstas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles. A la vez esta base debe ser preponderantemente cualitativa, puesto que un sistema que incluye relaciones cuantitativas y de detalle respecto a las propiedades mecánicas resultaría, sin duda, excesivamente complicado y de engorrosa aplicación práctica; además, un sistema útil de clasificación debe servir para normar el criterio del técnico respecto al suelo de que se trate, previamente a un conocimiento más profundo y extenso de las propiedades del mismo; de hecho, una de las más importantes funciones de un sistema sería proporcionar la máxima información normativa, a partir de la cual el técnico sepa en qué dirección profundizar su investigación.

Entre los diversos estudios tendientes a encontrar un sistema de clasificación que satisfaga los distintos campos de aplicación a Mecánica de Suelos, destacan los efectuados por el doctor A. Casagrande en la Universidad de Harvard, los cuales cristalizaron en el conocido “Sistema de Clasificación de Aeropuertos”, así

originalmente llamado, debido a que estaba orientado para uso en aquel tipo de obras (Juárez & Rico, 2009).

Este sistema reconoce que las propiedades mecánicas e hidráulicas de los suelos constituidos por las partículas menores que la malla N° 200, pueden deducirse cualitativamente a partir de sus características de plasticidad. En cuanto a los suelos formados por partículas mayores que la malla mencionada, el criterio básico de clasificación es aún el granulométrico que, aunque no es lo determinante

para el comportamiento de un material, sí puede usarse como base de clasificación en los materiales granulares.

#### Sistema Unificado De Clasificación De Suelos

Según lo descrito anteriormente, este sistema está basado en el Sistema de Clasificación de Aeropuertos, hasta el grado que puede decirse que es el mismo con ligeras modificaciones.

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla N° 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera “grueso” si más del 50% de sus partículas son gruesas y “fino”, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

Se describirán en primer lugar los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

#### Suelos Gruesos

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más típicos de ese grupo. El significado se especifica abajo.

- a) Gravas y suelos en que predominen éstas. Símbolo genérico G.
- b) Arenas y suelos arenosos. Símbolo genérico S.

Las gravas y las arenas se separan con la malla N° 4, de manera que un suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa no pasa la malla N° 4 y es del grupo genérico S, en caso contrario (Juárez & Rico, 2009).

Suelos finos

También en este caso el Sistema a los suelos agrupados, formándose el símbolo de cada grupo por dos letras mayúsculas, elegidas con un criterio similar al usado para los suelos gruesos y dando lugar a las siguientes divisiones: a) Limos inorgánicos, de símbolo genérico M

b) Arcillas inorgánicas, de símbolo genérico C

c) Limos y arcilla orgánicas, de símbolo genérico O

Cada uno de estos tres tipos de suelos se subdivide, según su límite líquido, en dos grupos. Si éste es menor de 50%, es decir, si son suelos de compresibilidad baja o media, se añade al símbolo genérico la letra L obteniéndose por esta combinación los grupos ML, CL y OL. Los suelos finos con límite líquido mayor de 50% o sea de alta compresibilidad, llevan tras el símbolo genérico la letra H, teniéndose así los grupos MH, CH y OH.

Ha de notarse que las letras L y H no se refieren a baja o alta plasticidad, pues esta propiedad del suelo, como se ha dicho, ha de expresarse en función de dos parámetros (Límite Líquido e Índice de Plasticidad), mientras que en el caso actual sólo el valor del límite líquido interviene. Por otra parte, ya se hizo notar que la compresibilidad de un suelo es una función directa del límite líquido, de modo que un suelo es más compresible a mayor límite líquido.

## Clasificación De Los Suelos Finos

La carta de plasticidad y el Sistema de clasificación de suelos unificado "SUCS." fue recopilada del libro Geotecnia del autor (Gonzales, 2005).

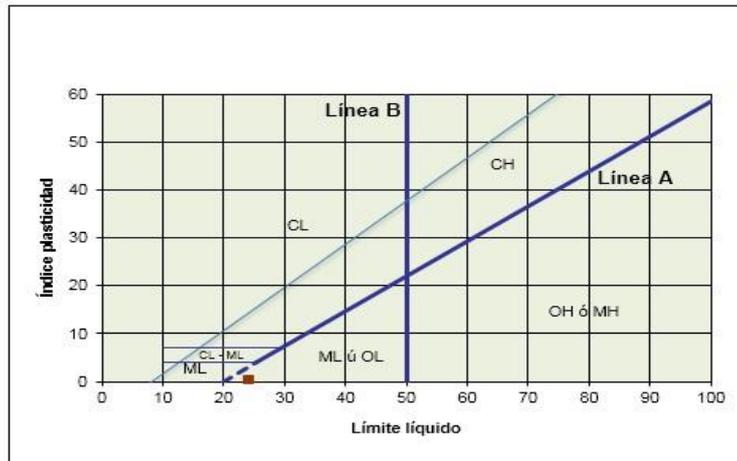


Figura 1. Carta de Plasticidad Casagrande

Factores que afectan las construcciones de adobe

Procesos químicos que afectan a viviendas de adobe

Disolución

La disolución (solución o corrosión) es un proceso físico que consiste en la disociación de las moléculas en iones gracias a un agente disolvente, en nuestro caso el agua. Este proceso no implica ninguna transformación en la composición química del material disuelto. Una vez disueltos los materiales se precipitan al desaparecer el agente disolvente. Frecuentemente esta precipitación se hace en el mismo lugar de la disolución.

Tras la disolución aparecen residuos insolubles, residuos de disolución, como la arena y la arcilla de descalcificación: tierra roja o arcillas con sílex. Los elementos disueltos también pueden precipitar tras una migración.

## Hidratación

La hidratación afecta a las rocas por minerales cuyos compuestos reaccionan con el agua fijando sus moléculas. Afecta a rocas con un metamorfismo débil (esquistos, pizarras) compuestas por silicatos a lumínicos que al hidratarse se transforman en arcillas, más sensibles a los agentes erosivos. También afecta a algunas evaporitas, como la anhidrita que se transforma en yeso. La hidratación es más eficaz cuanto mayor es la humedad y la temperatura, y la existencia de una cobertera vegetal.

### Hidrolisis:

La hidrólisis es un proceso químico que consiste en el desdoblamiento de una molécula en presencia del agua (concretamente los iones  $H^+$ , que hacen que el agua se comporte como un ácido débil). La consecuencia es la destrucción de los edificios cristalinos, dando lugar a la progresiva separación y lavado de la sílice, la mica, los feldspatos y cualquier otro elemento que componga la roca. Como consecuencia se forman minerales arcillosos y residuos metálicos arenosos.

Se puede apreciar tres grados de alteración hidrolítica, en función de las características de la argilización. En el primer grado se forman arcillas montmorilloníticas, caracterizadas por la presencia de complejos silicatos alumínicos y sílice. Son de color ocre o rojo y muy plásticas, por lo que absorben grandes cantidades de agua, lo que hace aumentar su volumen. En el segundo grado se forman arcillas caoliníticas, caracterizadas por la escasez de sílice y la neoformación de arcillas claras, que tienen una menor capacidad de absorción de agua. El caolín es la arcilla y la caolinita el silicato a lumínico hidratado. El tercer grado consiste en la laterización, cuando se ha eliminado totalmente la sílice y en las arcillas se concentran elementos residuales en forma de hidróxidos de aluminio y hierro, los cuales pueden formar corazas de gran consistencia (lateritas). Se trata de una arcilla endurecida, como un ladrillo muy frecuente en los países tropicales húmedos.

## Formación de Cristales

Se produce como consecuencia de la presencia de agua (lluvias) la humedad propicia la cristalización de sales en solución que conllevan al aumento del volumen; este efecto es reflejo de la actividad producida principalmente por los iones presentes en el adobe.

## Factores Climatológicos Que Afectan a Viviendas De Adobe

El adobe se puede ver afectado por las siguientes causantes en relación a su estado de conservación, estas causas son el reflejo de constantes y periódicos efectos sobre el objeto de estudio. De esta manera las propiedades físicas más afectadas que se ha podido identificar en la zona de estudio son las siguientes:

### Fluctuaciones de Temperatura

La temperatura en la zona fluctúa entre 4 °C y 15 °C, el frío es seco, el adobe está expuesto a variaciones de temperatura, pero el más predominante es el frío, con frecuencia se observan calentamientos en el medio día y enfriamiento por las altas horas de la noche y madrugada, produciendo un coeficiente de expansión y contracción diverso que afecta al adobe y al muro en su conjunto.

### Lluvias

Las lluvias humedecen las paredes o muros de adobe, las debilitan y carcomen su estructura física, producen grietas y desprendimientos de partes del adobe cuando éste no está debidamente protegido. La humedad conduce a la pérdida de resistencia del muro.

### Viento

En las zonas Sierras como centro poblado de Hualcan como es el caso de estudio, los vientos son fuertes y varían en direcciones, si el adobe está bien elaborado el viento afecta muy poco en su estructura física, pero afecta considerablemente en los techos de calaminas de las viviendas. Los vientos fuertes generalmente producen arrastre de material en formas de partículas causando erosión del adobe, la erosión

disminuye las dimensiones del adobe y conduce a la pérdida de resistencia a la compresión.

#### Factores sísmicos

El Perú es uno de los países de Sudamérica ubicados dentro del “Cinturón del fuego del Pacífico”, un área que engloba más del 80% de la actividad sísmica en el mundo. Esta actividad sísmica es producida por la constante interacción de las placas tectónicas ubicadas en la zona, la cual ha ocasionado numerosos terremotos en la parte occidental de Sudamérica. Muchos de ellos tuvieron gran magnitud y causaron destrucción y numerosas pérdidas materiales y de vidas humanas (Kuroiwa, 2002).

En el país han ocurrido terremotos devastadores, uno de ellos se produjo el 31 de Mayo de 1970, el cual ocasionó la muerte de aproximadamente 70,000 personas y la desaparición total del poblado de Yungay. En Noviembre de 1996, en el sur del Perú, se produjo otro terremoto que causó gran destrucción, dejando más de 90,000 damnificados, cerca de 5,000 viviendas destruidas y más de 10,000 viviendas afectadas (INDECI 2006). En Junio del 2001, un nuevo terremoto en el sur del Perú dejó el saldo de 83 personas fallecidas, cerca de 220,000 damnificados, alrededor de 37,000 viviendas afectadas y aproximadamente 22,000 viviendas destruidas (INDECI, 2001).

El 15 de agosto del 2007 se produjo un gran terremoto de 7.0 en la escala de Richter frente a la zona de Pisco, el cual tuvo una duración aproximada de 210 segundos y que afectó a los departamentos de Lima, Ica y Huancavelica. El epicentro del terremoto, con coordenadas 13,49° S y 76,85° W, se ubicó a 74 km al oeste de la ciudad de Pisco y a 26 km de profundidad (Tavera et al, 2008b).

Las propiedades sismorresistentes de las construcciones de adobe no reforzadas son muy bajas, el mal comportamiento sísmico de estas construcciones se debe al gran peso de la estructura (peso del adobe), a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos, estas construcciones desarrollan grandes fuerzas de inercia que son incapaces de resistir, y por ello fallan violentamente (Blondet et al. 2003). Una de las fallas más comunes durante un sismo en las construcciones de adobe es la aparición de grandes grietas verticales

en los encuentros de los muros, esto se debe a fuerzas fuera del plano, los muros caen ocasionando el colapso del techo.

Otro tipo de falla común es la aparición de grietas diagonales en los muros. Estas grietas usualmente siguen la interface mortero – unidad de adobe.



Figura 2 Grietas diagonales formados en sismos

En construcciones con material predominante de adobe carece de refuerzo sísmico, esta realidad aumenta la vulnerabilidad ante el terremoto. Cuando la vivienda no cuenta con una viga collar en la parte superior de los muros no permite mantener unidos los muros y se genera el colapso. Por otro lado, la baja calidad del mortero de asentado (contenido bajo de arcilla), produce una baja adherencia entre los adobes.

La acción de los sismos y sus efectos puede clasificarse en los siguientes casos: Cuando se presenten pandeos y fisuras verticales, se trata de una falla a la compresión y depende de las características mecánicas del adobe y del mortero. Cuando se producen fisuras diagonales, que en forma escalonada acompañan las juntas entre los adobes, se trata de una falla por esfuerzo cortante producida por las cargas laterales, paralelas al plano del muro que caracterizan a las ondas sísmicas. Cuando la acción de las ondas sísmicas es perpendicular al plano del muro se

producen cargas laterales que ocasionan grietas diagonales desde la parte superior del encuentro de dos muros perpendiculares.

También se producen grietas verticales en la parte central de un muro trabajado en sus extremos. En el encuentro de dos muros perpendiculares, las fuerzas laterales que ocasionan los sismos producen una falla por tracción que se caracteriza por la separación de los muros formando una grieta vertical. También se puede presentar una grieta diagonal en la esquina superior del muro, indicando una falla por flexión ocasionada por los esfuerzos perpendiculares a uno de los muros, y paralelo al otro.

Muchas de las viviendas de adobe construidas en el centro poblado de Hualcan pertenecen a familias de bajos recursos económicos que no cuentan con la asistencia técnica, ni con los conocimientos, para realizar una construcción sismorresistente. Es necesario que a estas personas se les pueda ayudar con tecnologías que ellos mismos posteriormente los puedan aplicar y si poder disminuir los riesgos sísmicos que conlleva una vivienda de adobe de mala calidad.

En la localidad, muchas personas que construyen con este material desconocen los métodos de reforzamiento existentes, la cual es una forma de reducir la vulnerabilidad sísmica de las construcciones de adobe luego de un terremoto.

Norma E. 0.80 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada (2017).

El Reglamento Nacional de Construcciones especifica en el Título VII, Capítulo II, las características de los elementos constructivos a base de tierra.

En cuanto a los requisitos del adobe, establece que el suelo natural contendrá no menos de 25% ni más de 45% de material pasante en la malla N° 200 y suficiente arcilla para permitir buena cohesión de las partículas entre sí.

El adobe terminado deberá tener una resistencia mínima de compresión de 12 Kg./cm<sup>2</sup>, y en flexión de 3.5 Kg./cm<sup>2</sup> (en pruebas de ruptura). En cuanto a las cargas de trabajo admisibles se establece que se podrá usar en compresión directa 2 kg/cm<sup>2</sup> y en corte 0.25 Kg/cm<sup>2</sup>.

El Reglamento Nacional de Construcciones en lo referente a los requisitos para procedimientos de construcción establece las condiciones a las que deben sujetarse las construcciones de adobe. Como requisito general determina que estas especificaciones

deben ser diseñadas por métodos y análisis racional basado en los principios de la mecánica y la resistencia del material.

Se establece que estas construcciones deben limitarse a un solo piso y que los muros deben trabajar en compresión resistiendo las cargas de gravedad. Los muros portantes y de arriostre deben ser diseñados de manera de transmitir a la cimentación cargas laterales por efecto sísmico y eventualmente los que pudieran originarse por acción del viento.

Los muros portantes y los de arriostre deben tener un espesor mínimo de 40 cms. o  $\frac{1}{8}$  de la altura libre entre la base y el fondo del techo.

Los adobes de las esquinas deberán estar debidamente amarrados con los adobes del muro perpendicular. En las intersecciones entre muros los adobes deberán estar debidamente amarrados entre sí y las intersecciones deberán ser perpendiculares.

Los muros tendrán amarre mediante intersecciones similares a las arriba descritas en intervalos no mayores a 10 veces su espesor.

Los vanos necesarios para puertas y ventanas deben ser pequeños y debidamente reforzados con dinteles, preferiblemente de madera para que el muro pueda cumplir con la función estructural que le es asignada.

Los muros no recibirán cargas que produzcan empujes horizontales. Se admite la construcción de un segundo piso que debe ser construido con telares de madera y techos livianos. La altura del primer piso, no debe exceder de cuatro metros. Los techos deberán estar formados por viguetas de madera con cubierta liviana.

## Fabricación del Adobe

### Búsqueda de la tierra adecuada

La tierra con la que se elabora el adobe debe ser limpia, sin piedras ni desperdicios. Debe contener un balance apropiado de arena y arcilla.

Los suelos arcillosos ocasionan demasiado encogimiento y rajaduras.

Suelos arenosos no tienen suficiente ligazón entre partículas, los adobes se desmoronan.

Los suelos con excesivo contenido de material orgánica no son aptos para la construcción, por su baja resistencia y poca duración ante la humedad.

Los suelos con sales solubles, atrae la humedad. Se debe rechazar esta clase de suelo.

### Selección de canteras

Se puede tomar como referencia, la procedencia de los suelos ya utilizados en la construcción en adobe, y pedir datos a los pobladores ya sentados.

En la selección de canteras, deberá hacerse primero un reconocimiento de la zona vecina, en una distancia fijada por la facilidad de transporte.

Se deberá elegir el lugar donde se habrá de moldear los adobes, y para esto se requiere de la disponibilidad de agua.

Para determinar si el suelo es apropiado, deberá fabricarse adobe de prueba, de diferentes canteras, observar su comportamiento y elegir la más apta.

## SELECCIÓN DE LA TIERRA ADECUADA

### Ensayo de “Resistencia Seca” o bolita

“Realizar el ensayo de Resistencia Seca, consiste en fabricar tres o más bolitas pequeñas de suelo aproximadamente 2 cm de diámetro. Una vez secas (a las 24 horas) se aplasta cada bolita entre los dedos pulgar e índice. Si las bolitas son tan fuertes que ninguna se pueda romper, el suelo tiene suficiente arcilla para ser usado en la construcción con adobe. Si algunas bolitas se rompen, el suelo es inadecuado, ya que le falta arcilla y deberá descartarse

### prueba de sedimentación o de la botella

Objetivo: Esta prueba tiene como propósito conocer de una manera clara los componentes de los suelos mediante la decantación.

Descripción: Se muele un poco de tierra perfectamente para colocar la en una botella, agregándole una cantidad igual de agua, se agita y se deja reposar hasta que el agua quede clara. Para acelerar la sedimentación se agrega una cucharada de sal al agua, las arenas se decantarán primero por ser las partículas más pesadas seguida de los limos y por último se depositarán las arcillas que son las partículas más ligeras

#### PRUEBA DE LA CINTILLA

Objetivo: La elaboración de esta prueba sirve para verificar el grado de plasticidad del material.

Descripción: Un poco de material perfectamente molido se amasa con agua y sobre una superficie lisa se fabrica una cintilla de 20 cm. de longitud, y se alza para observarla; si la cintilla se rompe a una longitud, mayor de 15cms. se trata de un suelo arcilloso; si se rompe entre 5 y 15 cm. el suelo es adecuado para la fabricación del adobe tradicional. Por último, si la cintilla se rompe antes de 5 cm. el suelo es arenoso y podrá ser utilizado para la fabricación del adobe estabilizado.

#### Preparación del Barro

Seleccionada la tierra, deberán extraerse las piedras y elementos extraños.

La tierra deber ser humedecida totalmente y permanecer en reposo 1 o 2 días, antes de moldear.

#### Tendales

El tendal es la zona en donde se asienta el molde de adobe para que seque, deberá estar limpia, nivelada y lo suficientemente extensa para albergar la producción de varios días.

Para evitar la adherencia entre el adobe y el suelo del tendal, se coloca una capa de arena fina, papel u otro material que pueda ser fácilmente separado del adobe.

#### Mezclado

El mezclado puede hacerse manual o mecánicamente, dependiendo del volumen de la obra y de la disponibilidad de mano de obra y equipo.

#### Moldeo

El proceso de moldeo permite la utilización de moldes sin fondo o con fondo.

Después de cada uso, el molde deberá limpiarse y rociarse con arena para evitar que el barro se pegue.

El tiempo de secado depende del clima, si es caluroso, puede ser necesario secar los adobes a la sombra los primeros dos días para evitar un secado brusco que podría originar un alto porcentaje de desperdicios por agrietamiento.

Cuando la consistencia de los adobes lo permita (3 a 5 días) deben colocarse de canto para asegurar un secado más rápido y uniforme y posteriormente, podrá apilarse, de manera que circule aire entre los adobes, hasta completar el secado.

#### Fallas en la construcción con adobes

Según Morales, et al (1993)., las principales causas de las fallas en construcciones de adobe son las siguientes:

- ✓ Construcción de edificaciones de adobe en terrenos blandos
- ✓ Construcciones de más de un piso que no son aptas para soportar sismos.
- ✓ Mala calidad del adobe en lo que se refiere a la materia prima utilizada y a la técnica de producción.
- ✓ Dimensionamiento inadecuado de los adobes, especialmente en su altura, que en la mayoría de los casos es demasiado grande
  
- ✓ Traba horizontal insuficiente entre los adobes, principalmente cuando estos son colocados de cabeza, motivado casi siempre por el mal dimensionamiento del adobe.
- ✓ Trabas inadecuadas y deficientes entre encuentros entre muros, que producen juntas verticales continuas de tres y más hiladas.
- ✓ Deficiente mano de obra en la colocación de adobes
- ✓ Posicionamiento incorrecto de los muros poco espesor y excesivo largo y alto.
- ✓ Deficiente confinamiento y/o arriostre de los muros.
- ✓ Vanos de puertas y ventanas muy anchos y deficiente empotramiento de los dinteles
- ✓ Muchos vanos y pocos menos en la distribución de un paño de un muro

- ✓ Poca o ninguna protección de los muros contra su debilitamiento por el fenómeno de la erosión
- ✓ Uso exagerado de muros de soga
- ✓ Falta de rigidez horizontal en los techos
- ✓ Inadecuada longitud de aleros de los techos para proteger los muros de las lluvias
- ✓ Techos muy pesados y soluciones constructivas deficientes en su empalme con los muros de adobe.

En el siguiente cuadro se puede observar las fallas comunes cometidas por los constructores de edificaciones de adobes. Específicamente la presente investigación toma en cuenta estas fallas y los pretende observar y tener en cuenta para el presente diseño de edificación propuesta.

## TERMINOLOGÍA BÁSICA

Adobe: Es un bloque de tierra o barro moldeado en forma generalmente cuadrado o rectangular, es utilizado en la construcción de viviendas para familias de economías precarias.

Adobe mejorado: Es un bloque macizo de tierra sin coser, el cual contiene paja u otro material que mejora su estabilidad frente a agentes externos. Normas Legales (2006).

Adobe estabilizado: Adobe en el que se ha incorporado materiales como asfalto, cemento, cal, yeso, etc., con la finalidad de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad. Normas Legales (2006).

Mortero Tipo I: Mortero de suelo y algún aglomerante como cemento, cal o asfalto. Deberá utilizarse la cantidad de agua que permita una adecuada trabajabilidad. Las proporciones dependen de las características granulométricas de los agregados y de las características específicas de otros componentes que puedan emplearse.

Mortero Tipo II: La composición del mortero debe cumplir los mismos lineamientos que las unidades de adobe y de ninguna manera tendrá una calidad menor que las mismas. Deberá emplearse la cantidad de agua que sea necesaria para una mezcla trabajable.

Arriostre: Elemento que impide el libre desplazamiento del borde del muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal Relación entre la altura libre del muro y su espesor.

Vigas Collar o Soleras: Son elementos de uso obligatorio que generalmente conectan a los pisos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano, actúan como elemento de arriostre horizontal.

Arriostre: Elemento que impide el libre desplazamiento del borde de muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal. Normas Legales (2006).

Vigas collar o soleras: Son elementos de uso obligatorio que generalmente conectan a los entresijos y techos con los muros. Adecuadamente rigidizados en su plano actúan como elemento de arriostre horizontal. Normas Legales (2006).Esbeltez: Relación entre la altura libre del muro y su espesor.

Dintel: Es un elemento estructural horizontal que salva a un espacio entre dos apoyos. Es el elemento superior que permite crear vanos en los muros para conformar puertas, ventanas o pórticos.

### Fibras vegetales

Las fibras vegetales son principalmente de celulosa, que, a diferencia de las proteínas de las fibras de origen animal, es resistente a los álcalis. Estas fibras son asimismo resistentes a la mayoría de los ácidos orgánicos, pero los ácidos minerales fuertes las destruyen. La utilización incorrecta de la mayoría de los blanqueadores puede debilitar o destruir estas fibras.

Desde el punto de vista de su estructura, las fibras vegetales se clasifican en cuatro tipos principales.

En primer lugar, fibras de semillas, que forman el pelo suave que envuelve las semillas de algunas plantas.

El segundo tipo es el de las fibras de líber, las fibras fuertes que crecen entre la corteza y el tallo de muchas plantas dicotiledóneas.

Las fibras vasculares son las fibras fuertes que se encuentran en las hojas y los tallos de las monocotiledóneas, y

El cuarto tipo de fibras vegetales es el constituido por los tallos completos de algunas gramíneas.

La utilidad de algunas de estas variedades de fibras es limitada. Tal es el caso, por ejemplo, de las tiras de cutícula de las hojas, como la rafia, las fibras de la cáscara de las frutas, el esparto y las fibras de la palmera.

#### CABUYA O MAGUEY – planta andina

Es una planta típica de las yungas y vertientes occidentales andinas. Este vegetal es de múltiples usos: de su fibra se hacen hilos, de sus hojas papel, de sus espinas agujas, y sus hojas jabonosas sirven como detergente. Además, el zumo fermentado da una agradable bebida, es por ello que los cronistas decían que esta maravillosa planta regalaba, aguja, hilo, vestido, cuerdas, miel, vino, vinagre, papel, jabón y alimento.

Nombre científico: *Furcraea andina*. Familia: Agaváceas  
Nombres comunes: Cabuya, maguey, cardón; chuchua en lengua quechua

Descripción botánica:

Herbácea grande, de hojas verdes, largas y delgadas, provistas de espinas en sus bordes; escapo sólido y pesado. Sus hojas son carnosas y muy fibrosas. Posee flores amarillas. Se reproduce por renuevos que brotan del contorno de sus raíces.



figura.03 planta de maguey.

piso

ecológico

La cabuya es una planta endémica del Perú. Crece en toda la costa a excepción del cerro Chimbote y el cerro Campana, en Trujillo. En la sierra, crece desde los 1450 hasta los 3000 msnm. Esta planta se desarrolla en las regiones costa, yunga y quechua. La cabuya se encuentra distribuida desde América Central hasta América del Sur

Antecedentes

históricos:

La cabuya tuvo gran importancia en las sociedades prehispánicas. Fue una de las primeras fibras vegetales procesadas para la manufactura de tejidos como redes, hondas y otros textiles. En Paracas se encuentran hondas o warakas hechas de cabuya asociadas a los ajuares funerarios. La honda es una "boleadora" de fibra vegetal, destinada para arrojar piedras y cazar. En la cultura Nasca la fibra de cabuya se utiliza para hacer vástagos o sujetadores de los abanicos de plumas

Cita de cronista:

"De las hojas (de maguey) que se sazonan y secan al pie del tronco sacan cáñamo fortísimo, del que hacen las suelas del calzado, y las sogas .... de los que se cortan antes que se sequen (majadas) las ponen a las corrientes de los arroyos para que se laven ... y sacan otro cáñamo, menos grosero .... del que se hacen hondas que traían

en la cabeza y la ropa de vestir donde había falta de lana o de algodón .... Otro cáñamo sacan más sutil del que hacen lindo hilo para redes, con que cazan los pájaros....." Garcilaso (VIII, 13).

Usos:

Las fibras de cabuya, se utilizan para hacer hilos con los que se pueden confeccionar redes, cestería, y sogas para puentes colgantes. En agroforestería se le emplea para hacer cercos vivos, y para el control de la erosión en las laderas secas con pendiente. En medicina tradicional se emplea para curar llagas inflamadas, sarna, y eliminar parásitos externos. También es usada como calmante de quemaduras, es diurética y el zumo de sus hojas posee propiedades cáusticas que sirven como detergente.

Situación de la especie:

La cabuya es una planta silvestre y cultivada. Se encuentra en el Perú, Ecuador y Bolivia. Actualmente el nombre maguey también se usa para nombrar a la planta *Agave americana* L., la cual fue introducida al Perú desde México.

## COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MAGUEY

Tabla 01. *Muestra del jugo de maguey.*

ensayo	Resultados(%)
proteínas (g/100g de muestra original)	0.7
fibra (g/100g de muestra original)	0.0
grasa (g/100g de muestra original)	0.0
ceniza (g/100g de muestra original)	0.6
humedad (g/100g de muestra original)	89.0
carbohidratos (g/100g de muestra original)	9.7
Sólidos solubles	12.4
Energía total (g/100g de muestra original)	41.6
pH	4.32

Fuente: muestra enviada por la universidad de la molina

## Fibras naturales minerales

La fibra natural mineral se considera como "una partícula que tiene una relación entre su longitud y su diámetro de 3 a 1 (ratios de aspecto  $> 3:1$ ). También son determinantes sus propiedades de superficie, su flexibilidad, y su capacidad para romperse en partículas. Estas fibras se forman directamente por el proceso mineral natural, o bien por fragmentación de cristales más grandes. Se citan: asbestos, wollastonita, attapulgita, sepiolita, y zeolitas.

La fibra de vidrio es la única fibra de origen inorgánico (mineral) que se utiliza a gran escala en los tejidos corrientes. Se fabrica moldeando o soplando el vidrio fundido hasta formar hilos.

Se ha descubierto que la fibra de amianto, que se empleaba en el pasado en aislamientos y protecciones ignífugas, es cancerígena. Para la fabricación de gasa se utiliza alambre fino de metal, mezclado con fibras orgánicas que forman un patrón determinado. Sin embargo, la mayoría del hilo metálico consiste en tiras delgadas de hoja de metal similares al espumillón. Para conseguir más resistencia, las hojas de metal se intercalan con capas delgadas o película de plástico. Otros hilos metálicos están formados por un núcleo de algodón rodeado de una tira delgada o una hebra de metal cubierta por una sustancia viscosa e impregnada de polvo metálico. El material aislante llamado lana de roca es una sustancia fibrosa hecha de viruta de fresadora, piedra caliza o roca silíceas.

El contenido de agua óptimo o humedad óptima es el contenido de agua necesaria para obtener en el material el peso volumétrico seco máximo, teniendo en el proceso de compactación el papel de lubricante entre partículas de material, ofreciendo un mejor acomodamiento y un menor número de huecos o vacíos.

## Resistencia a flexión

Técnicamente la resistencia a la flexión (RF) se define como el cociente del momento flexionante (M), producida por la fuerza máxima (FM) aplicada, y el momento de resistencia del material (W). (Navarro, 2005).

Las reacciones deben ser paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas durante el tiempo que dure la prueba. La relación de la distancia del punto de aplicación de cada una de las cargas a la reacción más cercana dividida entre la altura de la viga, no debe ser menor de uno. Los bloques para la aplicación de la carga y de apoyo de la viga deben ser de acero del mismo ancho o mayor que el de la viga con una altura que no exceda de 65 mm, medida a partir del centro de giro. La sección de cada uno de los bloques que entran en contacto con la viga, deben ser cilíndricos con las superficies endurecidas, teniendo en cuenta que la línea de contacto de estas superficies no deben variar en más de 0,05 mm, con relación a un plano tangente a las mismas.

Casi todas las estructuras mecánicas, desde las vigas hasta los troncos de los árboles o las extremidades de los seres humanos, están sometidas a diversos tipos de esfuerzos, cuando el esfuerzo es una simple compresión o tracción, la forma del objeto es irrelevante.

#### Resistencia a la compresión

Capacidad del material para resistir a las fuerzas que intentan comprimirlo o apretarlo. El esfuerzo de compresión es la resultante de las tensiones o presiones que existe dentro de un sólido deformable o medio continuo, caracterizada porque tiende a una reducción de volumen o un acortamiento en determinada dirección. En general, cuando se somete un material a un conjunto de fuerzas se produce tanto flexión, como cizallamiento o torsión, todos estos esfuerzos conllevan la aparición de tensiones tanto de tracción como de compresión.

En un prisma mecánico el esfuerzo de compresión puede caracterizarse más simplemente como la fuerza que actúa sobre el material de dicho prisma, a través de una sección

transversal al eje baricéntrico, lo que tiene el efecto de acortar la pieza en la dirección de eje baricéntrico.

En ingeniería se necesita saber cómo responden los materiales sólidos a fuerzas externas como la tensión, la compresión, la torsión, la flexión o la cizalladura. Los

materiales sólidos responden a dichas fuerzas con una deformación elástica (en la que el material vuelve a su tamaño y forma originales cuando se elimina la fuerza externa), una deformación permanente o una fractura.

La compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen. Cuando se somete un material a una fuerza de flexión, cizalladura o torsión, actúan simultáneamente fuerzas de tensión y de compresión. Por ejemplo, cuando se flexiona una varilla, uno de sus lados se estira y el otro se comprime. Probablemente, el caso más sencillo que se puede considerar para empezar es el de una barra metálica inicialmente recta, de sección constante, sometida en sus extremos a dos fuerzas colineales dirigidas en sentidos opuestos y que actúan en el centro de las secciones.

## Materiales compuestos

### Compuestos

En ciencia de materiales reciben el nombre de "materiales compuestos" aquellos que cumplen las siguientes propiedades:

Están formados de 2 o más componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente.

Presentan varias fases químicamente distintas, completamente insolubles entre sí y separadas por una interfase.

Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes, sinergia.

Estos materiales nacen de la necesidad de obtener materiales que combinen las propiedades de los cerámicos, los plásticos y los metales. Por ejemplo en la industria del transporte son necesarios materiales ligeros, rígidos, resistentes al impacto y que resistan bien la corrosión y el desgaste, propiedades éstas que rara vez se dan juntas.

### Estructura

Aunque existe una gran variedad de materiales compuestos, en todos se pueden distinguir las siguientes partes:

Agente reforzante: es una fase de carácter discreto y su geometría es fundamental a la hora de definir las propiedades mecánicas del material.

Fase matriz o simplemente matriz: tiene carácter continuo y es la responsable de las propiedades físicas y químicas. Transmite los esfuerzos al agente reforzante. También lo protege y da cohesión al material.

#### Clasificación

Los materiales compuestos se pueden dividir en tres grandes grupos:

**Materiales Compuestos reforzados con partículas.**

Están compuestos por partículas de un material duro y frágil dispersas discretamente y uniformemente, rodeadas por una matriz más blanda y dúctil

Tipos:

Endurecidos por dispersión, Formados por partículas verdaderas.

**Materiales Compuestos reforzados con fibras.**

Un componente suele ser un agente reforzante como una fibra fuerte: fibra de vidrio, cuarzo, kevlar, Dyneema o fibra de carbono que proporciona al material su fuerza a tracción, mientras que otro componente (llamado matriz) que suele ser una resina como epoxi o poliéster que envuelve y liga las fibras, transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión. También, a menos que la matriz elegida sea especialmente flexible, evita el pandeo de las fibras por compresión. Algunos compuestos utilizan un agregado en lugar de, o en adición a las fibras.

En términos de fuerza, las fibras (responsables de las propiedades mecánicas) sirven para resistir la tracción, la matriz (responsable de las propiedades físicas y químicas) para resistir las deformaciones, y todos los materiales presentes sirven para resistir la compresión, incluyendo cualquier agregado.

Los golpes o los esfuerzos cíclicos pueden causar que las fibras se separen de la matriz, lo que se llama de laminación.

Materiales compuestos estructurales.

Están formados tanto por composites como por materiales sencillos y sus propiedades dependen fundamentalmente de la geometría y de su diseño. Los más abundantes son los laminares y los llamados "paneles sándwich".

Los laminares están formadas por paneles unidos entre si por algún tipo de adhesivo u otra unión. Lo más usual es que cada lámina esté reforzada con fibras y tenga una dirección preferente, más resistente a los esfuerzos. De esta manera obtenemos un material isótropo, uniendo varias capas marcadamente anisótropas. Es el caso, por ejemplo, de la madera contrachapada, en la que las direcciones de máxima resistencia forman entre sí ángulos rectos.

#### Justificación De La Investigación

Esta investigación tiene por finalidad determinar la resistencia a la compresión del adobe estabilizado con fibra de maguey por la gran necesidad de tener una vivienda en el Centro poblado de hualcan en especial en la zona rural, obliga a buscar alternativas de solución, en la actualidad la mayoría de la población está dejando de construir con el adobe; sin embargo, en la zona rural se sigue utilizando con gran intensidad a pesar de que estas viviendas no tiene mucha resistencia a los movimientos sísmicos y su poca durabilidad por la falta de conocimiento del adobe reforzado.

Esta investigación nos permitirá aprovechar nuestros conocimientos para mejorar la resistencia a compresión, del adobe compactado, además reducir las dimensiones del adobe y mejorar la compactación través de la máquina CINVA RAM.

La construcción con el adobe es una muy buena solución al problema que se encara ya que los materiales que se utilizan para su elaboración se encuentran en el lugar y con una orientación adecuada se puede lograr grandes beneficios

## Problema

### Planteamiento del problema

Desde que el hombre apareció en la tierra tuvo necesidad de un lugar donde vivir, y específicamente de una vivienda que le pueda cubrir de las inclemencias del clima, darle privacidad, seguridad, etc.

La mayoría de las viviendas de adobe existentes en el mundo ha sido construida por familias de pocos recursos que no tienen acceso a materiales de buena calidad ni a supervisión técnica adecuada. Como consecuencia, estas viviendas resultan ser sumamente vulnerables ante los sismos y cada vez que ocurre un terremoto ellas colapsan o sufren daños importantes, causando muertes, lesiones y pérdida de propiedades. Además, muchas viviendas de adobe no cuentan con servicios de agua potable y desagüe, sus cocinas son rudimentarias, y no tienen una ventilación adecuada. Estas deficiencias son usualmente causa de enfermedades en sus ocupantes, innecesarias y fácilmente evitables.

La vivienda constituye el ambiente íntimo del hombre, donde permanece más de la mitad de su vida. Es la unidad vital para un adecuado nivel de vida de la población, debido a los múltiples servicios que le brinda para hacer su existencia más confortable. Es por ello que en nuestro país se deben diferenciar los aspectos sociales y culturales que singularizan la unidad de vivienda correspondiente con la diversidad geográfica del Perú.

La construcción a base de adobe o tierra apisonada se encuentra muy extendida en el Perú. Se puede decir que es el tipo de edificación característico en las zonas urbanas donde se levantan las viviendas de los sectores sociales de reducidos ingresos económicos. Igualmente, constituye la construcción predominante en las zonas rurales.

La vivienda a base de tierra es construida en los medios rurales y parcialmente en los barrios marginados o barriadas, por el carácter tradicional de este material, por ser un material de fácil disponibilidad y bajo costo, así como por adaptarse a la práctica de la autoconstrucción.

El adobe se encuentra igualmente en viviendas urbanas de calidad, construidas en las tres primeras décadas del siglo, el presente tugurizadas en gran proporción. En las modernas barriadas, compiten ventajosamente con el adobe las construcciones de albañilería de ladrillo. Los mayores ingresos y el tipo de trabajo permanente en la industria hacen inconveniente la autoconstrucción.

Las construcciones de adobe son muy comunes en el centro poblado de Hualcan. Se construyen por su bajo costo y facilidad de construcción, sin respetar normas técnicas de construcción. En el país, específicamente en el departamento de Ancash, según el Instituto Nacional de Estadísticas e Informática (INEI), el 80 % de la población centro poblado de Hualcan vive en viviendas construidas de adobe, debido a los escasos recursos económicos que poseen, este tipo de infraestructura no ofrece resistencia ante un evento sísmico, ya que se construye sin apoyo técnico adecuado.

Los pobladores que no cuentan con una vivienda de material noble o lo tiene de adobe u otro material precario presentan los siguientes problemas:

La nula resistencia a eventos sísmico de mediana magnitud, poniendo en peligro la vida de sus habitantes. Probabilidad de muerte segura de los habitantes en casos de sismos de magnitud siete o superior en la escala de Richter. Probabilidad de accidentes totales o parciales en la eventualidad del sismo. Desmoronamiento de las paredes de adobe con el paso del tiempo o debido a las lluvias y la humedad del ambiente. Deficiencias en la salud de la familia, ya que están propensos a contraer múltiples enfermedades. Inseguridad para los integrantes de la familia. Están expuestos al peligro de un derrumbe de sus casas con un sismo de mediana intensidad, la cual tiene mayor probabilidad de poder ocurrir. Mayor exposición a los severos cambios climáticos, tales como lluvias, granizadas y vientos fuertes. Muchos de los pobladores que construyen con adobe en el distrito del centro poblado de Hualcan no tienen los

Conocimientos básicos de la construcción con adobe ni la asistencia técnica necesaria para construir viviendas reforzadas sísmicamente, lo que hace que sus construcciones sean muy vulnerables a los terremotos incluso de intensidad media.

Son conscientes de los diferentes peligros que amenazan su seguridad, sin embargo, ignoran la vulnerabilidad de sus construcciones de tierra y de las formas para mitigarlos.

De no superarse el problema de la tecnología actual de los procesos de construcción de vivienda en la localidad en estudio, la población seguirá viviendo inmersa dentro de condiciones de inseguridad, condiciones desfavorables de una vida digna, en una vivienda que brinda alto nivel de riesgos que con un poco de dedicación e identificación por parte del Estado y de los profesionales egresados de universidades puedan contribuir a mejorar la situación problemática en la que están viviendo

#### Formulación Del Problema

¿Cuál sería la resistencia ala compresion del adobe con fibra de maguey (chuchua) en el Centro Poblado de Hualcan- de la provincia de Carhuaz 2018?

## CONCEPTUACION Y OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

### - Variable Independiente:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Estabilización con fibra de maguey	la estabilización con fibra de maguey mejore la resistencia a compresión y superan la resistencia mínima de 12kg/cm <sup>2</sup> que indica la norma técnica de edificaciones E.080	Porcentaje 10% ,20% y 30%	Fibra de maguey

### - Variable Dependiente:

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADOR
Resistencia a la compresión	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005).	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un cubo de adobe elaborado por la maquina CINVA RAM cm.	Kg/cm <sup>2</sup>

## Hipótesis

La Resistencia a compresion del adobe con fibras de maguey (chuchua) con longitud de 10 cm, a una concentración con respecto al peso de 10%, 20%,30%. Para cada muestra mejorara significativamente.

## Objetivos

### Objetivo General

Determinar la resistencia a compresión de adobe con fibra de maguey, Centro poblado de hualcan – carhuaz 2018.

### Objetivos Específicos

- clasificación del suelo para la elaboración de los adobes patrón y experimental.
- Identificar Las características físicas de la fibra de maguey del centro poblado de hualcan- carhuaz.
- Determinar la resistencia tracción de la fibra de maguey.
  
- Determinar la resistencia a compresión del adobe compactado con la adición de fibra de maguey (chuchua) al suelo con una longitud de 10cm, en una proporción de 0%, 10%, 20% y 30% del peso del adobe.
- Comparar las resistencias de los adobes patrón y experimental.

## II. METODOLOGIA

### Material y Métodos

Tipo de diseño de investigación.

Experimental: Es un tipo de investigación que utiliza aplicación práctica mediante ensayos o procesos y éstos pueden ser encontrados en el método científico. Los ensayos pueden ser llevados a cabo en el laboratorio o fuera de él en el cual su desarrollo será netamente práctico.

Material.

Unidad de estudio.

El bloque de abobe estabilizado compactado

Población.

Es intencionada, ya que la población es igual a la muestra, para esta investigación se realizaron 12 bloques de tierra, siguiendo las normas que se describen en la muestra.

Muestra.

La muestra es no probabilística por ello se calculó de acuerdo a las normas diseño y construcción con tierra reforzada E- 080, el cual indica un mínimo de 4 muestras para ensayo a compresión y se optó por un valor de 4 unidades para cada muestra.

*Tabla 2. . Cantidad de adobes para ensayo a compresión del adobe compactado con fibra de maguey*

---

**Cuadro de adobe con % de fibra de maguey a los 28 días**

---

Sin fibra de maguey	Con fibra de maguey	Con fibra de maguey	Con fibra de maguey
0%	10%	20%	30%
A1 	A1 	A1 	A1 
A2 	A2 	A2 	A2 
A3 	A3 	A3 	A3 
A4 	A4 	A4 	A4 

---

Fuente. Elaboración propia, 2019.

## METODOS

### Suelo

La extracción se realizó mediante la excavación manual por el tesista.

El transporte de material se realizó en sacos cubiertos por bolsas para no alterar y para evitar que se contamine la muestra, finalmente se transportó a la ciudad de Yungay para su fabricación del adobe estabilizado.

Ubicación de la cantera

Departamento: Ancash.

Provincia: Carhuaz.

Centro poblado: Centro poblado de Hualcan.

(Ver figura 04).

Material extraído de calicata del centro poblado de Hualcan donde se realizó una calicata para extracción se limpió todo el material orgánico que se encontraron al contorno para así llenar en sacos bien cerrado para que no hubiese contaminación del material (Ver figuras 5, 6, 7,)

Se Realizo el ensayo de Resistencia Seca, consiste en fabricar tres o más bolitas pequeñas de suelo aproximadamente 2 cm de diámetro. Una vez secas (a las 24 horas) se aplasta cada bolita entre los dedos pulgar e índice. Si las bolitas son tan fuertes que ninguna se pueda romper, el suelo tiene suficiente arcilla para ser usado en la construcción con adobe. (Ver figuras 8 y9)

### ubicación de plantas de maguey

La planta de maguey del centro poblado la Hualcan ubicado en:

Departamento: Ancash

Provincia: Carhuaz

Centro poblado de Hualcan

(Ver figura 10).

La planta de maguey se encuentra con una gran cantidad de espinas para lo cual se lo saca en campo utilizando machete y casco para la protección. Porque son plantas Herbácea grande, de hojas verdes, largas y delgadas, provistas de espinas en sus bordes; escapo sólido y pesado. Sus hojas son carnosas y muy fibrosas. Posee flores amarillas. Se reproduce por renuevos que brotan del contorno de sus raíces. (ver figura 11 ).

Extracción de la fibra de maguey según el tamaño.

Se hizo el corte de las hojas maguey a cada 10 cm es la medida de fibra que se utilizara en la elaboración del adobe estabilizado en la dimensión requerida para extracción de la fibra. (ver figura 12,13 , 14 y 15)

La extracción de la fibra se realizó mediante comba manualmente a machacándolo para la separación de la materia orgánica que contiene la hoja de maguey así dejando expuesto las fibras de maguey .

Despues se hizo el lavado del material orgánico dejando secar hasta el día del compacta miento con el suelo. (Ver figuras 16,17y 18

## Diseño Experimental

Después de haber realizado la prueba de la resistencia seca o la prueba de la bolita del suelos y cumpliendo con la norma se realizó el diseño de mezclas utilizando para la elaboración de adobe estabilizado de acuerdo al RNE.E 080 .

Fabricación De Los Adobes Estabilizados.

Los adobes no se fabricaron en el laboratorio de la Universidad Privada san pedro por el poco espacio que éste presenta y por no contar con la maquina apropiada para su compactación, para ello se tenía que alquilar la maquina CETA RAM que se encuentra fuera de Huaraz en la provincia de Yungay ubicado en:

Departamento: Áncash

Provincia: Yungay

Distrito: Yungay

Esta área cuenta con los espacios suficientes para la elaboración de los bloques de adobe, tiene amplios espacios, el piso es adecuado y además cuenta con mantas para protegerlo de la intemperie para evitar rajaduras. (Ver figura 19

se elaboró 4 adobes entre la muestra patrón y en porcentajes de 10%, 20% y

30 % de la fibra de maguey.

En campo se utilizó el equipo necesario como:

- balanza
- carretilla
- pico
- lampa
- wincha
- dinamómetro

Se peso la cantidad de suelo a utilizar en la elaboración del adobe compactado que para cada unidad de adobe se estaría utilizando 10kg de tierra para cada muestra del ensayo experimental (Ver figura 20)

La maquina que se va utilizar en la elaboración del adobe es la maquina CINVA RAM Prensa Manual para la fabricación de adobe, la cual tiene la versatilidad de fabricar diversos tipos, con los cuales se facilita la construcción de vivienda de interés social y ecológica.

La tecnología de Suelo-Cemento que se utiliza para la fabricación de los adobes fue desarrollada en Colombia durante los años 50 del siglo pasado para ser utilizada por personas con un mínimo de formación escolar (leer y escribir), no se necesitan conocimientos avanzados. (Ver figura 21)

Se hizo el pesado de la fibra de maguey seca con respecto al peso del adobe agregándoles 10%, 20% y 30% al peso del suelo ósea se agregó 1 kg, 2 kg , 3 kg para cada muestra respectivamente. (Ver figura 22)

Se preparó la mezcla en carretillas para evitar que la muestra se desperdicie y se contamine, luego, se determinó la cantidad de material que entra por adobe en la máquina CINVA RAM, se utilizó 10 kg de tierra por adobe y se agregó la cantidad de agua requerida. (Ver figura 23)

Se realizó la compactación del adobe en la maquina CINVA RAM agregando el 10% ,20% y 30% de la fibra de maguey con una fuerza uniforme para evitar deformaciones en el adobe. (Ver figura 24y 25)

El adobe elaborado con la maquina CINVA RAM se tenía que llevar a un almacén para su posterío secado de 28 días normado en RNE -E 0.80

Las medidas que obtuvimos con la maquina es de 20cm de ancho ,30cm de largo y 10cm de espesor. ( ver figura 27 y 28)

Se lo protegió con una manta de la intemperie para evitar que el viento genere rajaduras, el secado fue durante 28 días, luego se llevó al laboratorio de la Universidad Privada San Pedro filial Huaraz para realizar las pruebas de resistencia.

### III. RESULTADOS

#### *. Resultados de los ensayos para la clasificación del suelo*

##### Ensayo Límites De Consistencia

Determinar el límite líquido, límite plástico, así como el índice de plasticidad del suelo en estudio.

las propiedades del suelo formado por partículas finamente divididas dependen en gran parte de la humedad. el agua forma una película alrededor de los granos y su espesor puede ser determinante de comportamientos diferentes del material.

cuando el contenido de agua es muy elevado, el suelo no tiene resistencia al esfuerzo cortante, al aumentar su pérdida de agua aumenta su resistencia. el límite líquido y plástico nos dan una idea de que tan compresible puede ser el suelo.

$\delta$ = Resistencia al corte

$\Delta$ =Deformabilidad

El limite líquido (ll):

Lo fija el contenido de agua(expresado en % de peso seco) que debe tener un suelo remodelado para que una muestra del mismo, que se haya practicado una ranura de dimensiones estándar, al someterla al impacto de 25 golpes bien definidos se cierra sin resbalar en su apoyo.

**limite plástico (lp):**

El limite plástico representa el contenido de agua con el que comienza a agrietarse un rollo formado con el suelo de aproximadamente 3.2 mm de diámetro. al rodarlo sobre una superficie no absorbente.

material y equipo:

- muestra alteradas
- copa de Casagrande
- balanza
- vidrios de reloj
- vidrio plano
- espátula (abanico y lápiz)
- pipeta con agua destilada
- equipo de contracción lineal. - molde de contracción lineal

Desarrollo

Limite Líquido (II)

- 1.-Tomar una porción de muestras alteradas (aproximadamente 200 gramos).
- 2.-Colocarla en un vidrio y se mezcla hasta que la muestra sea homogénea.
- 3.-Con la espátula se dispone del material en la copa de Casagrande, cuidando que la superficie superior quede plana con un espesor máximo del orden de 1 cm.
- 4.-Se coloca la punta del ranurador en la parte superior y al centro de la muestra, colocándolo perpendicular a la superficie de la copa y hacer la ranura.
- 5.-Se da vuelta a la manija a razón de 2 vueltas por segundo, contando el número de golpes requeridos para cerrar el fondo de la ranura.

- 6.-Con la espátula retiramos el material de la copa y se vuelve a mezclar repitiendo los pasos 2 a 5 agregando poca agua con la Pipeta.
- 7.-El lugar donde se corra la ranura se pone aproximadamente 30 gramos en un vidrio de reloj, se marca, se pesa y se introduce al horno a 110° c durante 24 horas.
- 8.-Se retiran las muestras del horno, se enfrían para después pesar y anotar los datos.
- 9.-Con los datos obtenidos se calcula el contenido de agua correspondiente a cada número de golpes.
- 10.-Se construye la gráfica de numero de golpes contra unidades a escala semilogarítmica.

nota: la copa de Casagrande debe tener una altura de caída de 1 cm

*Tabla 3. límite de consistencia (limite liquido).*

(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

Nº TARRO	29	19	18
Peso tarro +suelo húmedo(g)	70,96	72,12	72,31
Peso tarro +suelo seco(g)	60,89	62,17	62,50
Peso de agua (g)	10,07	9,95	9,81
Peso de tarro (g)	26,72	26,92	26,25
Peso del suelo seco (g)	34,17	35,25	36,25
Contenido de humedad (%)	29,47	28,23	27,06
Numero de golpes	17	26	34

Fuente: laboratorio mecánico de suelos y pavimentos usp - Huaraz

### Limite Plástico (lp)

- 1.-De la muestra utilizada para limite liquido se toma una porción, se rueda con la mano sobre una superficie limpia y lisa no absorbente como lo es la placa de vidrio, hasta formar un cilindro de 3.2 mm de diámetro por 15 cm de longitud aproximadamente.

- 2.-Se amasa la tira y se vuelve a rodar repitiendo esto tantas veces como sea necesario para reducir gradualmente la humedad por evaporación, hasta que el rollo empiece a endurecer.
- 3.- El limite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido aproximadamente 3.2 mm.
- 4.-Se divide la tira y se coloca en porciones en vidrios de reloj, marcándolos, pesándolos y secándolos en el horno durante 24 horas.
- 5.- Se repiten los pasos 1 a 4 con otra porción de la misma muestra para verificar los resultados.
- 6.-Se sacan las muestras del horno, se dejan enfriar, se pesan y se anotan los datos.
- 7.-Los datos obtenidos se determina el contenido de agua en porcentaje y si la diferencia no es mayor a 2 % se promedia en caso contrario se repite la prueba

*Tabla 4. límite de consistencia (límite plástico).*

(NORMA AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

N° TARRO	5	24
Peso tarro +suelo húmedo(g)	32,36	32,24
Peso tarro +suelo seco(g)	31,47	31,30
Peso de agua (g)	0,89	0,94
Peso de tarro (g)	27,14	26,83
Peso del suelo seco (g)	4,33	4,47
Contenido de humedad (%)	20,55	21,03
Numero de golpes	17	26

Fuente: laboratorio mecánico de suelos y pavimentos usp – Huaraz

formulas:

$w\% = \text{contenido de agua} = w_w/w_s$

LL=limite liquido  $w\%$ ; n = número de golpes

LP=limite plástico

IP=índice de plasticidad = LL-LP

Según el resultado del ensayo de contenido de humedad que se obtuvo de la muestra es de **7.0%**.

#### *Límites de consistencia*

*Grafica 01. Grafica de límite de consistencia.*



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	28,35
LIMITE PLASTICO	20,79
INDICE DE PLASTICIDAD	7,56

Fuente: laboratorio mecánico de suelos y pavimentos usp - Huaraz

límite líquido

Del ensayo de laboratorio para determinar el límite líquido se obtuvo: Límite Líquido = 28.35%

Límite plástico

Límite plástico = 20.79%

Índice de plasticidad

De los resultados del límite líquido y del límite plástico se tiene que:

Índice de plasticidad = 7.56%

**% DE HUMEDAD**

Según el resultado del ensayo de contenido de humedad que se obtuvo de la muestra es de 7.0%.

**Análisis Granulométrico**

Del ensayo de granulometría se obtuvo:

Porcentaje que pasa la malla N° 4 = 84.2%

Más del 12% pasa la malla N° 200 = 32.7%

Podemos decir que el suelo es adecuado para la elaboración de adobes, ya que según la norma E.080, la gradación del suelo debe aproximarse a: arcilla 10-20%, limo 15-15% y arena 55-70% y no se deberá utilizar suelos orgánicos.

**Clasificación Del Suelo**

Con los resultados anteriores, de límites de consistencia, se procedió a clasificar el suelo en la carta de plasticidad obteniendo el siguiente resultado:

Tabla 05. Análisis granulométrico por tamizado  
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422, MTC E 204).

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO retenido	% retenido	RETENIDO acumulado	% Que pasa
3 ½"	80,89				
3"	76,200				
2 ½"	63,500	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	139,5	4,4	4,4	95,6
1"	25,400	73,0	2,3	6,6	93,4
¾"	19,050	65,0	2,0	8,7	91,3
½"	12,700	50,0	1,6	10,2	89,8
3/8"	9,525	45,0	1,4	11,2	88,4
¼"	6.325	73,5	2,3	13,9	86,1
#4	4,760	61,5	1,9	15,8	84,2
#10	2,000	225,5	7,0	22,9	77,1
#16	1,190	239,5	7,5	30,4	69,6
#20	0,840	159,0	5,0	35,3	64,7
#30	0,600	154,0	4,8	40,1	59,9
#40	0,300	240,0	7,5	47,6	52,4
#50	0,177	66,0	2,1	49,7	50,3
#60	0,150	92,0	2,9	52,6	47,4
#100	0,150	205,0	6,4	50,0	41,0
#200	0.075	266,0	8,3	67,3	32,7
<N°200	FONDO	1.048,5	32,7	100	
FRACCION		2.695,5			
TOTAL		3.203,0			

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

Menos del 50% pasa la malla N° 200 suelo grueso y con los datos de Límite Líquido e Índice de Plasticidad, se lleva estos valores a la Carta de Plasticidad, en la cual los valores se ubican encima de la Línea A y además su Índice de Plasticidad es mayor que 7, por lo que su clasificación se considera como:

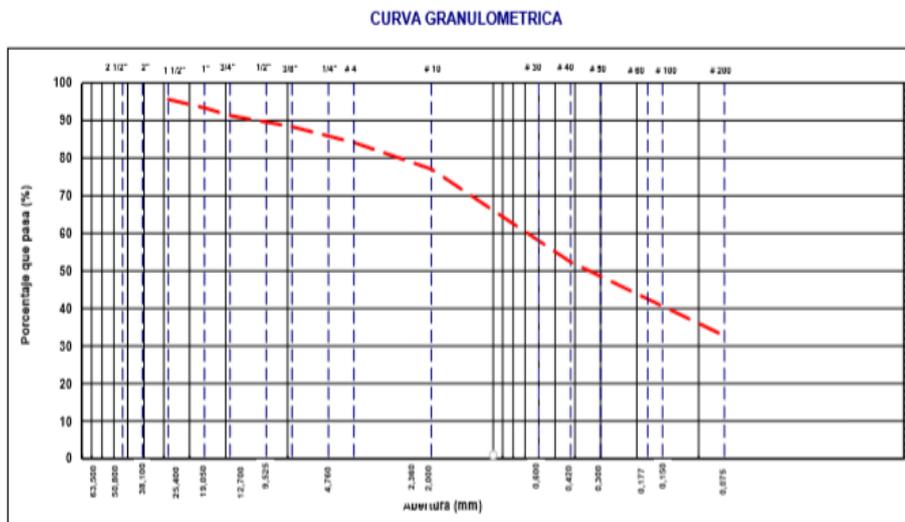
Según clasificación SUCS es un SC: Arena arcillosa

**Tabla 06.** Descripción de la muestra.

Descripción de la muestra	
%peso de la piedra	15.8%
%peso arena	84.2%
Limite liquido (L L)	28.35
Limite plástico (LP):	20.79
Índice de plasticidad (IP):	7.56
Clasificación (SUCS)	SC
Clasificación (AASHTO):	A-2-4-(0)
% Humedad	7.0%

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

*Grafica 02. Curva granulométrica.*



Fuente: laboratorio mecánico de suelos y pavimentos usp - Huaraz

## ENSAYO DE TRACCION DE LA FIBRA DE MAGUEY

El ensayo de tracción de la fibra de maguey se realizó en la universidad nacional de ingeniería (UNI) de una soga de la fibra de maguey que contenía 30 unidades de fibra con 0.35mm de diámetro y 20 cm de longitud cada uno.

Tabla 07. Ensayo de tracción de la fibra.

MUESTRA	MATERIAL	USO	CONDICIONES DE ENSAYO
SOGA DE FIBRA DE MAGUEY COMPUESTA POR 30 UNIDADES DE FIBRA DE 0.35MM DE DIAMETRO Y 20CM DE LONGITUD DE CADA UNO.	FIBRA DE MAGUEY	ENSAYO EXPERIMENTAL	TEMPERATURA 27° H. R 70%

Fuente: Laboratorio universidad nacional de ingeniería (UNI)

**De los cuales se obtuvo los siguientes resultados**

Tabla 08. Resultados de la tracción de la fibra de maguey

CARGA MAXIMA - KGF	OBSERVACION
25	FRACTURA DE LAS FIBRAS

Fuente: Laboratorio universidad nacional de ingeniería (UNI)

**Por lo tanto:**

Tabla 09. Fuerza de tracción de una fibra de maguey.

CANTIDAD	CARGA MAXIMA	CARGA POR UNIDAD DE FIBRA
30 UNI	25	1.2 KG

Fuente: elaboración propia

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE COMPRESION A LOS BLOQUES DE TIERRA. CON FIBRA DE MAGUEY**

Resultados del ensayo de Resistencia a la Compresión.

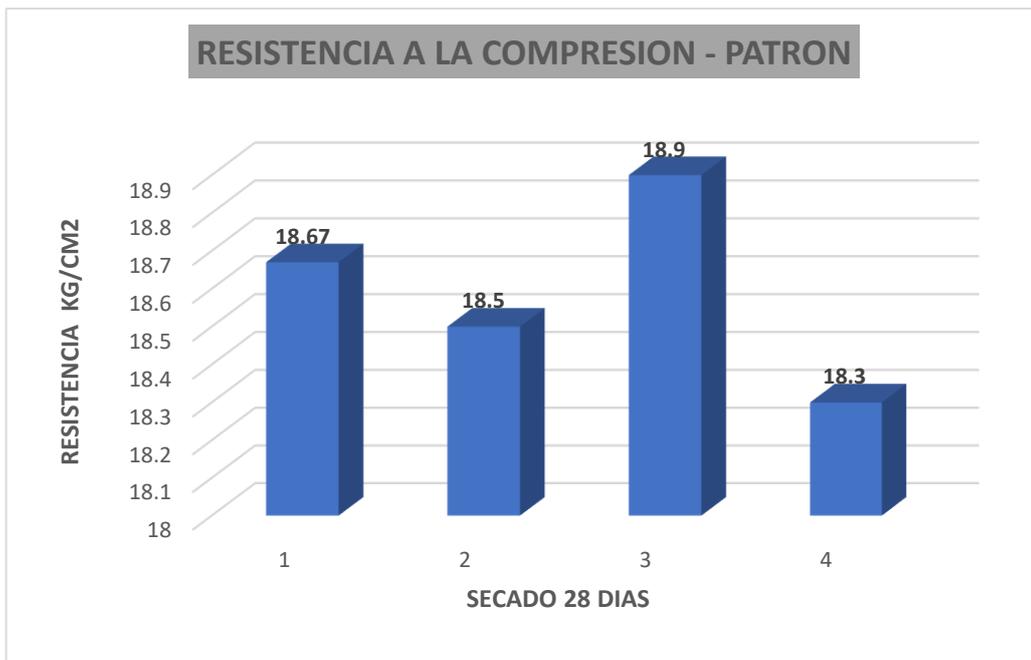
**Tabla 10.** Resultado de ensayo de resistencia a la compresión del adobe patrón a los 28 días de secado.

ADOBE PATRON	MEDIDAS DEL ADOBE			AREA BRUTA (cm <sup>3</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	fc (KG/CM <sup>2</sup> )	fc prom (KG/CM <sup>2</sup> )
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
P1	30	10	20	600	11202	18.67	
P2	30	10	20	600	11100	18.5	18.59
P3	30	10	20	600	11340	18.9	
P4	30	10	20	600	10980	18.3	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

La resistencia promedio de los 4 adobes patrón sin fibra de maguey es de  $f'c=18.59 \text{ kg/cm}^2$ , es decir que la resistencia promedio a los 28 días da  $28.5 \text{ kg/cm}^2$ .

Grafica 03. Resistencia a la compresión de adobe – patrón.



Fuente: Elaboración Propia

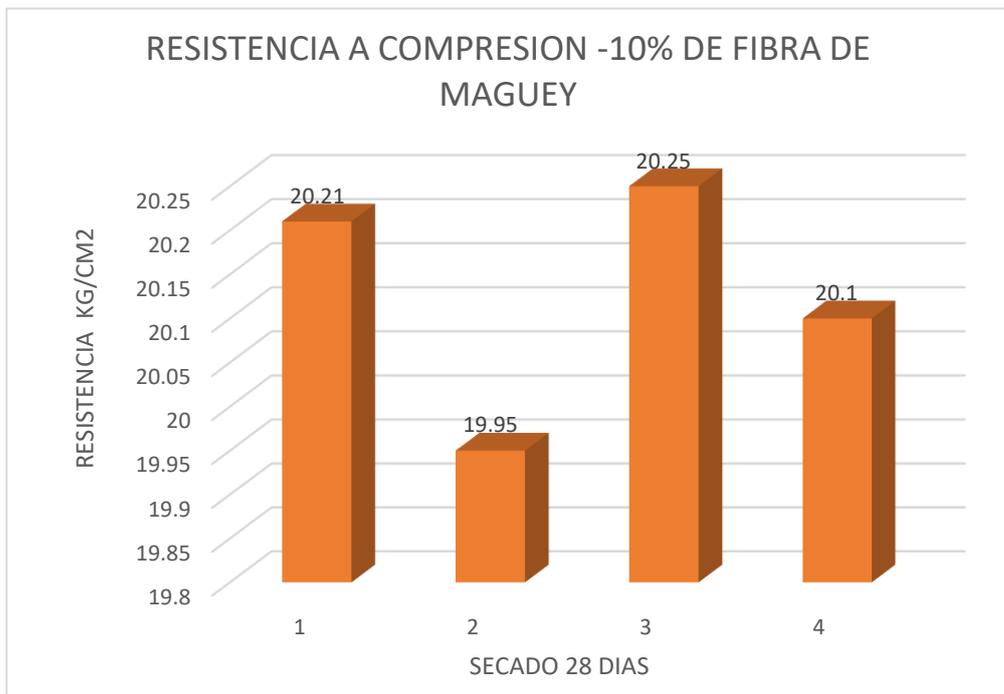
**Tabla 11.** Resultado de ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 10% de fibra de maguay a los 28 días del secado.

LADRILLO PATRON	MEDIDAS DEL ADOBE			AREA BRUTA (cm <sup>3</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	fc (KG/ CM <sup>2</sup> )	fc prom (KG/CM <sup>2</sup> )
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
P5	30	10	20	600	12126	20.21	
P6	30	10	20	600	11970	19.95	20.12
P7	30	10	20	600	12150	20.25	
P8	30	10	20	600	12060	20.1	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

La resistencia promedio de los 4 adobes con 30% con fibra de maguay es de  $f'c=20.12$  kg/cm<sup>2</sup>, es decir que la resistencia promedio a los 28 días da 20.12 kg/cm<sup>2</sup>.

Grafica 04. Resistencia a la compresión del adobe con 10% de fibra de maguay.



Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la gráfica muestra la resistencia que se realizó a los adobes con 10% de fibra de maguey a los 28 días de secado en sombra se obtuvo una resistencia a la compresión de 20.21 kg/cm<sup>2</sup>, 19.95 kg/cm<sup>2</sup> y 20.25 kg/cm<sup>2</sup> y 20.1 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

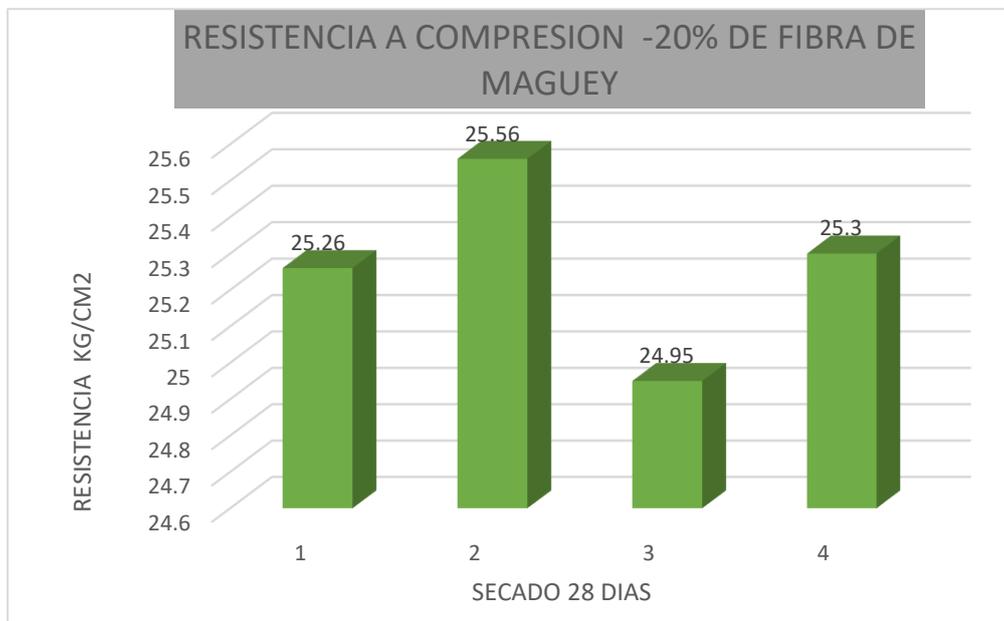
**Tabla 12.** Resultado de ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 20% de fibra de maguey a los 28 días del secado.

LADRILLO PATRON	MEDIDAS DEL ADOBE			AREA BRUTA (cm <sup>3</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	fc (KG/ CM <sup>2</sup> )	fc prom (KG/CM <sup>2</sup> )
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
P9	30	10	20	600	15156	25.26	
P10	30	10	20	600	15336	25.56	25.26
P11	30	10	20	600	14970	24.95	
P12	30	10	20	600	15180	25.3	

Fuente: Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

La resistencia promedio de los 4 adobes con 30% con fibra de maguey es de  $f'c=25.26$  kg/cm<sup>2</sup>, es decir que la resistencia promedio a los 28 días da 25.26 kg/cm<sup>2</sup>.

Gráfica 05. Resistencia a la compresión del adobe con 20% de fibra de maguey.



Fuente: Elaboración Propia.

**Interpretación:** En la gráfica muestra la resistencia que se realizó a los adobes con 20% de fibra de maguey a los 28 días de secado en sombra se obtuvo una resistencia a la compresión de 25.26 kg/cm<sup>2</sup>, 25.56 kg/cm<sup>2</sup> y 24.95 kg/cm<sup>2</sup> y 25.3 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente

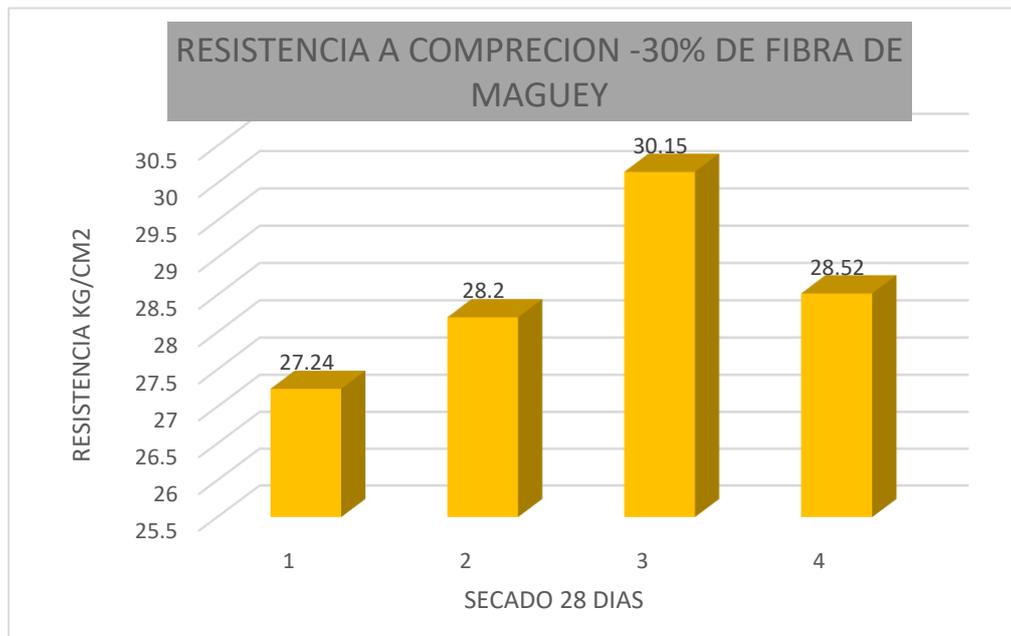
**Tabla 13.** Resultado de ensayo de resistencia a la compresión del adobe con 30 % de fibra de maguey a los 28 días del *secado*.

ADOBE CON30% DE F.M	MEDIDAS DEL ADOBE			AREA BRUTA (cm <sup>3</sup> )	CARGA DE ROTURA (kg)	fc (KG/ CM <sup>2</sup> )	fc prom (KG/CM <sup>2</sup> )
	LARGO	ALTURA	ANCHO				
P13	30	10	20	600	16344	27.24	
P14	30	10	20	600	16920	28.2	28.5
P15	30	10	20	600	18090	30.15	
P16	30	10	20	600	17112	28.52	

**Fuente:** Laboratorio Mecánica de Suelos de USP.

La resistencia promedio de los 4 adobes con 30% con fibra de maguey es de  $f'_c=28.5$  kg/cm<sup>2</sup>, es decir que la resistencia promedio a los 28 días da 28.5 kg/cm<sup>2</sup>.

Gráfica 06. Resistencia a la compresión del adobe con 30% de fibra de maguey.

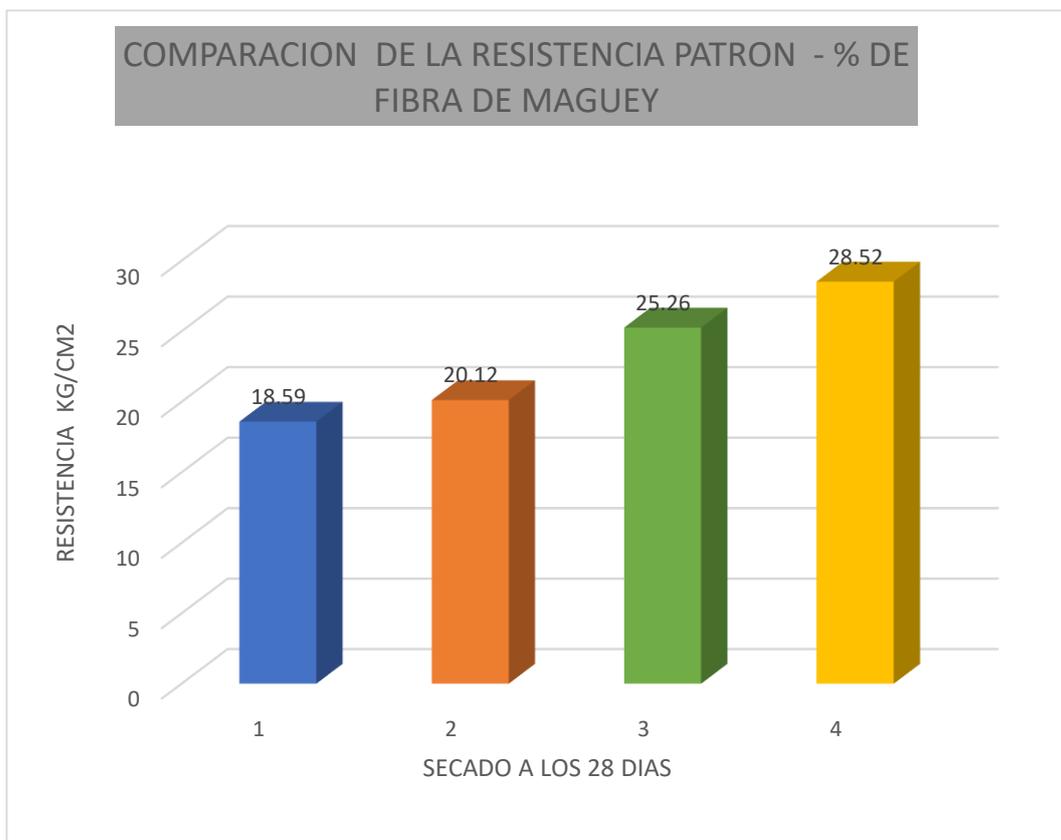


**Fuente:** Elaboración Propia.

**Interpretación:** En la gráfica muestra la resistencia que se realizó a los adobes con 30% de fibra de maguey a los 28 días de secado en sombra se obtuvo una resistencia a la compresión de 27.24 kg/cm<sup>2</sup>, 28.2 kg/cm<sup>2</sup> y 30.15 kg/cm<sup>2</sup> y 28.52 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por lo tanto, la resistencia obtenida agregando el 30% a los 28 días de secado aumento f´c.

COMPARACION DE LA RESISTENCIA DE ADOBE PATRON -- CON% DE FIBRA DE MAGUEY

Grafica 07. COMPARACION DE LA RESISTENCIA DE ADOBE PATRON – CON % DE FIBRA DE MAGUEY



**Fuente:** Elaboración Propia.

**Interpretación:** En la gráfica muestra la resistencia que se realizó a los adobes patrón y adobes con % de fibra de maguey a los 28 días de secado en sombra se obtuvo una resistencia a la compresión de adobe patrón de 18.59 kg/cm<sup>2</sup>, y de adobe con % de fibra de maguey de 20.12kg/cm<sup>2</sup> y 25.26 kg/cm<sup>2</sup> y 28.52 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.

## VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En datos reportados de resistencia de la tracción de la fibra de maguey (chuchua) que se realizó de una longitud igual a 20 cm que nos da el valor mas alto de 25 kg, lo cual es una sogá de fibra, compuesta por 30 unidades de fibra de 0.35 mm de espesor y 20 cm de longitud cada uno. En conclusión cada fibra tiene una resistencia de 1.2 kg.

Los bloques de adobe elaborados con la máquina CINVA RAM de la muestra patrón sin fibra de maguey a compresión superan al valor mínimo que exige la norma E- 0.80 diseño y construcción con tierra reforzada (2017). de 12 kg/cm<sup>2</sup>, y los bloques con fibra de maguey en porcentajes del 10%, 20% y 30% superan su resistencia a los bloques de adobe de la muestra patrón.

Dichos resultados demuestran que el adobe compactado tiene un buen comportamiento aumentado su resistencia a compresión, afirmándose con los resultados obtenidos en la presente tesis de la muestra patrón sin fibra de maguey se obtuvo una resistencia de 18.71 kg/cm<sup>2</sup> y al utilizar fibra de maguey en porcentajes de 10%, 20% y 30% obteniendo resistencias de 20.12 kg/cm<sup>2</sup>, 25.26 kg/cm<sup>2</sup> y 28.54 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, estos valores superan a lo que especifica la norma E- 080 diseño y construcción con tierra reforzada (2017). y también a la muestra patrón.

En función de la relación de agua / suelo se agregó al patrón 1 litro de agua y a los % de fibra se les agregó el 0.5 ml por kilo de fibra respectivamente.

se utilizó la fibra de maguey. De acuerdo al ensayo de tracción por la resistencia que se obtuvo en la muestra que es de 1.2 kg. y por la abundancia que se encuentra en el Centro poblado de hualcan.

## V. CONCLUSIÓN

Se concluye que el tipo de suelo realizado en los ensayos de estudio de suelos de Análisis granulométrico y límites dieron como resultado en la clasificación según SUCS, SC: una arena arcillosa, lo que indica que se encuentra dentro los límites que exige la norma E-O80 diseño y construcción con tierra reforzada (2017).

Es una planta de hojas en roseta, gruesas y carnosas, dispuestas sobre un tallo corto cuya piña inferior no sobresale de la tierra. Sus hojas están rígidas y espinas al contorno de las hojas. Produce una llamativa inflorescencia con un largo tallo de 2 a 4 metros de alto y alcanza su madurez a 10 – 30 años. Y se mantiene a temperatura de 15°C.

La resistencia a la tracción de la fibra de maguey que se realizó a 30 unidades de fibras que dio un resultado de 25 kg fuerza de tracción por lo tanto una fibra tiene una resistencia de 1.2 kg/f de tracción.

La resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado tiene una resistencia de 18.71 kg para la muestra patrón y para los porcentajes de 10%, 20% y 30% presenta valores de 20.12 kg/cm<sup>2</sup>, 25.26 kg/cm<sup>2</sup> y 28.54 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo estos valores mayores a lo que especifica la norma E.080 – diseño y construcción con tierra reforzada (2017)., el cual indica una resistencia mínima a compresión de 12 kg/cm<sup>2</sup>.

Los adobes compactados con fibra de maguey en porcentajes de 10%, 20% y 30% aumentan la resistencia a compresión y hasta un 43% respectivamente en comparación con la muestra patrón sin fibra de maguey.

## **RECOMENDACIONES**

Seguir con esta investigación realizando Ensayos de flexión según norma E-080 con unidades de adobe compactado y estabilizado con fibra de maguey.

Con los resultados alcanzados en este trabajo se cumplen con los objetivos planteados al inicio del mismo, surgiendo nuevas interrogantes, motivo de estudio para trabajos posteriores.

Seguir con esta investigación en adobe compactado y estabilizado utilizando otras variedades de fibras o plantas más abundantes del centro poblado de Hualcan.

Realizar como futura línea de investigación otros estudios con otras longitudes de fibra superiores a los 10 Cm.

Evaluar la resistencia a flexión y compresión del adobe compactado con fibras de maguey orientadas longitudinalmente y transversalmente.

Evaluar la resistencia mecánica del adobe compactado tratadas en superficie de cielo abierto adicionado con fibras.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NTP 339.128. (1999). *método de ensayo para el análisis granulométrico. comisión de reglamentos técnicos y comerciales.* lima, Perú: 1° edición. Recuperado de: <http://www.vivienda.gob.pe/>
- ASTM D 157 2000. (2004). *asociación americana de ensayo de materiales (ensayo de compactación de suelos).* lima. Recuperado de: : <http://www.vivienda.gob.pe/>
- Bardales, C., & Sánchez, D. (2015). tesis "*comparación de las propiedades de resistencia a la compresión, flexión y absorción del adobe tradicional y adobe estabilizado y compactado con cemento, yeso, cal y groar*". Cajamarca. Recuperado de: [https://search.yahoo.com/yhs/search;\\_ylt=AwrEg6cDBd9czV4AqQEPxQt](https://search.yahoo.com/yhs/search;_ylt=AwrEg6cDBd9czV4AqQEPxQt)
- Barros, L. P. ; Imhoff, F. A. (2010). *resistencia sísmica del suelo-cemento postensado en construcciones de baja complejidad geométrica.* chile: universidad técnica Federico santa maría. Recuperado de: [www.redalyc.org/html/1276/127619215004/index.html](http://www.redalyc.org/html/1276/127619215004/index.html)
- Cabrera, D., & Huaynate, W. (2010). tesis "*mejoramiento de las construcciones de adobe ante una exposición prolongada de agua por efecto de inundaciones*". lima. Recuperado de: [https:// tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1474](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/1474)
- Castro, J., Paredes, C., & Muñoz, D. (2009). gerencia regional agraria. Trujillo \_ Perú. Recuperado de: [www.academia.edu/28770727/Gerencia\\_Regional](http://www.academia.edu/28770727/Gerencia_Regional)

Ceñedo, D. (2013). *investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la subrasante de la avenida Quitumbe - ñan, cantón Quito*. Ecuador.

Recuperado de: [www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2201/1/T-UCE-0011](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2201/1/T-UCE-0011).

Craterre. (1979). *construir con tierra tomo i y ii. traducido del libro original construire en terre*. París.

Recuperado de: [www.muscaria.com/manual-construccion-tierra.htm](http://www.muscaria.com/manual-construccion-tierra.htm)

Crespo, C. (2000). libro "*mecánica de suelos y cimentaciones*". México: Limusa.

Recuperado de: [www.pinterest.com/pin/552465079284205204](http://www.pinterest.com/pin/552465079284205204)

Chuquimia, Haider y Qiun (2006), investigación "gestión de riesgos de desastres naturales con enfoque de seguridad alimentaria "lima – Perú .

Recuperado de: [www.monografias.com/trabajos96/gestion](http://www.monografias.com/trabajos96/gestion)

Delgado, E. (2006). "*comportamiento sísmico de un módulo de adobe de dos pisos con refuerzo horizontal y confinamientos de concreto armado*". lima.

Recuperado de: [www.tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/145](http://www.tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/145)

Fondo Mi Vivienda. (2009). *estudio de mercado de la vivienda social en la ciudad de Cajamarca. lima – Perú: fondo mi vivienda s. a*. Recuperado de: : <http://www.vivienda.gob.pe/>.

Gallegos, H., & Casabonne, C. (2005). libro "*albañilería estructural*". lima: fondo editorial 2005. Recuperado de: [www.librosperuanos.com/.../7263/Albañilería-estructural](http://www.librosperuanos.com/.../7263/Albañilería-estructural).

Gonzales, J. (2005). libro "*Geotegnia*". Barcelona.

Recuperado de: [www.rac.es/ficheros/doc/01139.pdf](http://www.rac.es/ficheros/doc/01139.pdf).

Google earth. (diciembre de 2018). *image landsat. us dept of state geographer.*

Recuperado de:

[https://search.yahoo.com/yhs/search;\\_ylt=A2KLfaKmF99cQA0AawYPxQt](https://search.yahoo.com/yhs/search;_ylt=A2KLfaKmF99cQA0AawYPxQt).

Guzmán, D., & Chávez, J. (2007). *estudio bromatológico del cladodio del nopal (opuntia ficus-indica) para el consumo humano.* Arequipa - Peru.

Recuperado de:

[www.academia.edu/11149968/ESTUDIO\\_BROMATOLÓGICO](http://www.academia.edu/11149968/ESTUDIO_BROMATOLÓGICO)

Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *construction – a comprehensive guide.*

London. Recuperado de: [www.PremiumTours.co.uk](http://www.PremiumTours.co.uk)

ITINTEC 331.017. (1978). *norma técnica peruana.* Perú. Recuperado de:

Recuperado de:

[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf)

ITINTEC 331.018. (1978). *norma técnica peruana.* lima-Perú.

Recuperado de:

[http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf)

José, I., & Bernilla, P. (2012). “evaluación funcional y constructiva de viviendas con adobe estabilizado en cayalti. programa cobe -1976”. lima-Perú.

Recuperado de: [www.cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez\\_gj.pdf](http://www.cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1130/1/lopez_gj.pdf)

Mejía, I. (2014). tesis “*adobe estabilizado y compactado en Cajamarca-*

2014. Cajamarca. Recuperado de: [www.edoc.site/plan-de-tesis-adobe-estabilizado-pdf..](http://www.edoc.site/plan-de-tesis-adobe-estabilizado-pdf..)

Morales, V., Ortiz, M., & Alavés, R. (2007). “*mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado*”. México.

Recuperado de: [www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidir](http://www.ciidiroaxaca.ipn.mx/revista/sites/www.ciidir).

Quispe y Rondón. (2012), *presentaron una propuesta de reforzamiento para edificaciones existentes: geomalla. y malla electrosoldada.* lima – Perú.  
Recuperado de: [www. tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1492](http://www.tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/1492)

Resistentes            Bondetl, M., Villa, G., & Brzev, S. (2003). *Investigación "Construcciones de Adobe a los Terremotos"*. Lima- Perú.  
Recuperado de: [www. docplayer.es/1010513-Construcciones-de-adobe...](http://www.docplayer.es/1010513-Construcciones-de-adobe...)

Ríos, E. (2010). Tesis *"Efecto de la adición de látex y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado"*. México.  
Recuperado de: [www. tesis.ipn.mx/handle/123456789/1062](http://www.tesis.ipn.mx/handle/123456789/1062)

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por guiarme y darme conocimientos para poder hacer esta investigación con tanto esmero y dedicación.

A la universidad San pedro por los docentes de calidad que posee, que en la cual en el trascurso de mi carrera profesional me brindaron su enseñanza y conocimientos  
Asesores, por las valiosas aportaciones que nos hicieron para mejorar la presente investigación.

Asimismo, también mil gracias a mi familia porque fue el motor y motivo de darme el apoyo de poder avanzar y hacer que finalice este proyecto satisfactoriamente

# ANEXO Y APENDICE

# PANEL FOTOGRAFICO



Figura 01. Ubicación para la extracción Del suelo.



Figura 02. extracción del suelo del c.p hualcan



Figura 03. Limpiando material orgánico.



Figura 04. llenado del material en sacos Para su traslado.



Figura 05. Asiendo las bolitas para La prueba de la resistencia.



Figura 06. Las bolitas para la prueba de la De resistencia.

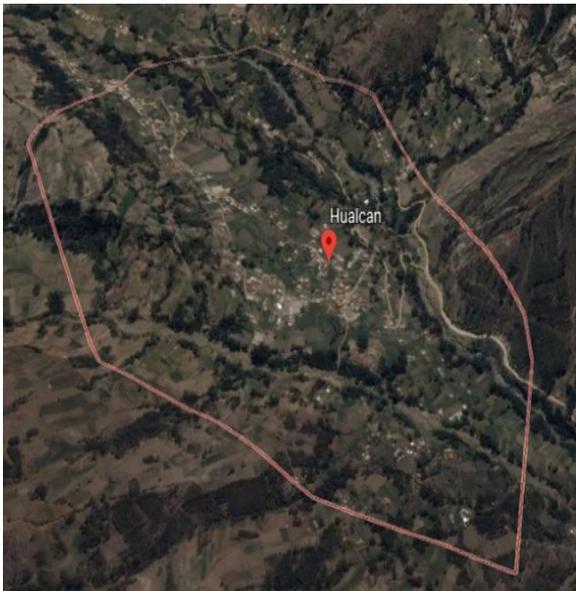


Figura 07. Ubicación de las plantas de Maguey(chuchua).



Figura 08. plantas de maguey en Su estado silvestre.



Figura 09. sacando las hojas de maguey  
Para extraer las fibras.



Figura 10. medida para la extracción de  
La fibra



Figura 11. medida a utilizar en la  
Elaboración del adobe.



Figura 12. Hoja de maguey cortada a  
10cm.



Figura 13. Extracción manual con comba  
De la fibra de maguey.



Figura 14. fibra de maguey extraída



Figura 15. Lavando el material orgánico para la separación de la fibra.

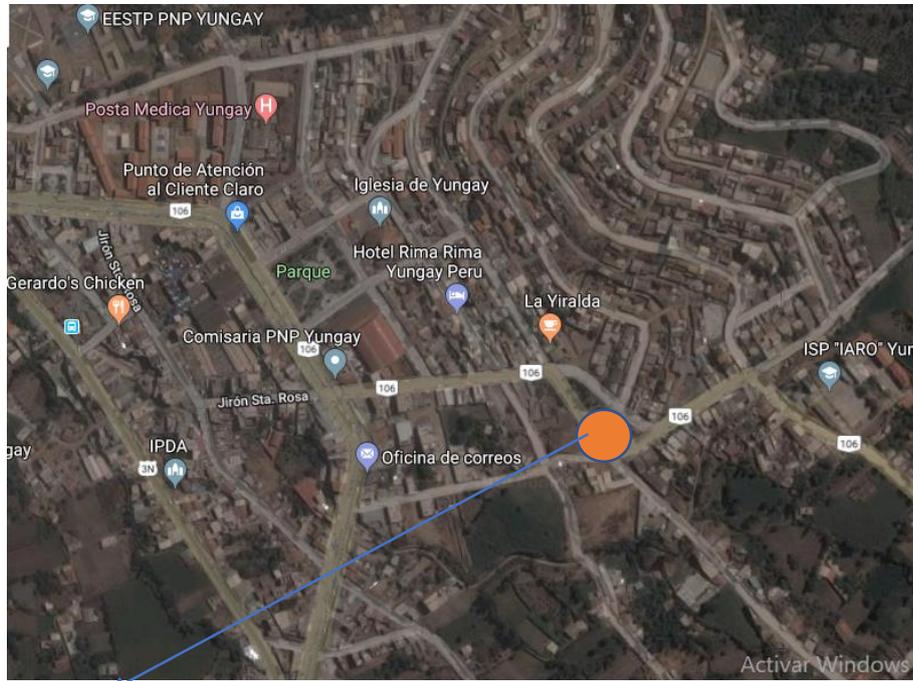


Figura 16. Ubicación del área de compactación de adobes.



Figura 17. Pesando el suelo para elaborar El adobe.



Figura 18. Máquina cinva ram para Compactación del adobe.



Figura 19. pesando la fibra de maguey.



Figura 20. mesclado de suelo con la Fibra de maguey.

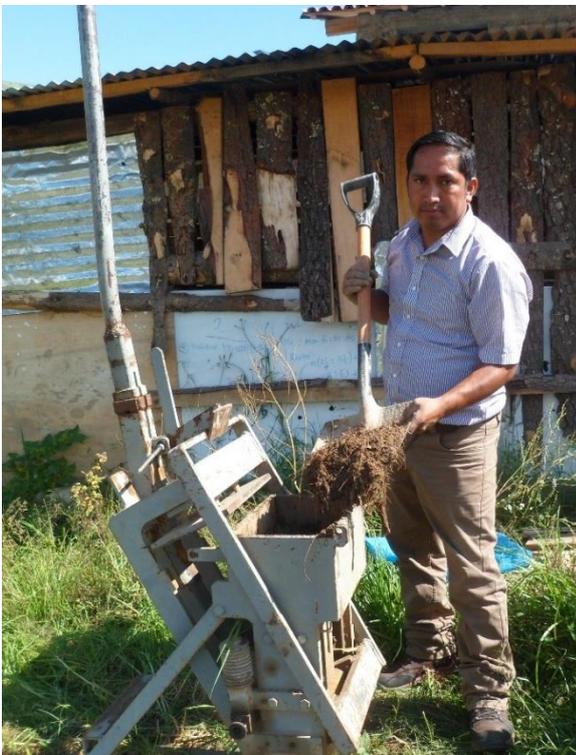


Figura 21. llenado de la mezcla a la Maquina cinva ram.



Figura 22. compactación con la Maquina cinva ram.



Figura 23. Extrayendo el adobe de la Maquina cinva ram.



Figura 24. adobe elaborado Con fibra de maguey.



Figura 25. medición del adobe elaborado.



Figura 26. adobe en proceso de secado.

# ENSAYOS DE LABORATORIO



Figura 27. Máquina de tracción de la UNI.



Figura 28. fibra de maguey para el  
Para el ensayo de tracción.

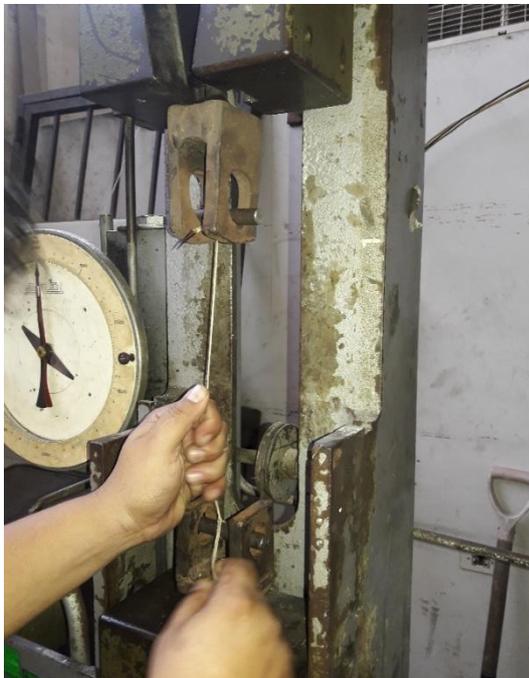


Figura 29. amarrando la fibra para  
El ensayo de tracción.



Figura 30. tracción de la fibra de maguey.



Figura 31. Medida de la resistencia de la fibra de maguey.



Figura 32. Rotura de la fibra de maguey.



Figura 33. suelo para ensayo de Granulometria.



Figura 34. realizando ensayo de Granulometria por tamizado.



Figura 35. Tamices para realizar ensayo de granulometría.



Figura 36. Llevando al horno para consistencia  
El cálculo de la humedad



Figura 37. realizando límite de  
En la copa de casa grande.



Figura 38. máquina de compresion  
De la usp.



Figura 39. adobes secos para realizar  
Ensayo de compresion



Figura 40. Realizando ensayo de compresion ensayo del adobe con fibra de maguey.



Figura 41. adobe despues del de compresion.

ANALISIS  
GRANULOMÉTRICO  
POR TAMIZADO

# ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

ENSAYO DE  
TRACCIÓN DE LA  
FIBRA DE  
MAGUEY

ENSAYO DE LA  
RESISTENCIA A  
COMPRESIÓN DE  
ADOBE CON FIBRA DE  
MAGUEY