

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**Resistencia a compresión y absorción del adobe compactado con  
sustitución del agua por goma de tuna en porcentajes de 5%,10% y  
15%, Huaraz-Ancash.**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor:**

Peñaranda Quito, Anyelly Carmen

**Asesor:**

Castañeda Gamboa, Rogelio

**Huaraz – Perú**

**2018**

**PALABRAS CLAVE:**

Tema	Resistencia y absorción.
Especialidad	Adobe.

**KEY WORDS**

Theme	Resistance and absorption.
Speciality	Adobe.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Programa	Ingeniería Civil
Línea de investigación	Construcción y Gestión de la construcción
OCDE	2. Ingeniería y tecnología 2.1. Ingeniería civil Ingeniería de la construcción
Sub – líneas o Campos de investigación	Materiales de la construcción Tecnología de la construcción y Procesos constructivos.

**TITULO**

**RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y ABSORCIÓN DEL ADOBE  
COMPACTADO CON SUSTITUCIÓN DEL AGUA POR GOMA  
DE TUNA EN PORCENTAJES DE 5%,10% Y 15%, HUARAZ-  
ANCASH.**

## Resumen

El objetivo principal de esta tesis fue la de determinar la resistencia a compresión y absorción de 64 unidades de adobe compactado y estabilizado con goma de tuna, y se sometió a ensayos de rotura en el laboratorio de la USP de acuerdo al R.N.E. E.080.

Para el ensayo a compresión de acuerdo a la norma E.080 la unidad se determinó ensayando cubos de 0.1m de arista. Los cubos de adobes o muestras de tapial cumplieron con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) las cuales fueron mayores a la resistencia última indicada, los ensayos se realizaron utilizando piezas completamente secas, siendo la resistencia última  $f_c$  mínimo de  $10.2 \text{ kg/cm}^2$ .

Se hicieron 10 para cada muestra: patrón, con 5%, 10% y con 15% de goma de tuna, haciendo un total de 40 especímenes

Según la Norma ASTM C-67 - Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales, indica que la absorción de cada espécimen se mide como la relación que existe entre el peso del agua absorbida por la unidad después de haberla sumergido durante 24 horas en una poza de agua. Como mínimo se pide 5 unidades; por tanto se realizaron 06 para cada muestra: patrón, con 5%, 10% y con 15% de goma de tuna., haciendo un total de 24 especímenes

### **Abstract**

The main objective of this thesis was to determine the compressive and absorption resistance of 64 units of adobe compacted and stabilized with prickly pear gum, and it was subjected to rupture tests in the laboratory of the USP according to R.N.E. E.080.

For the compression test according to the E.080 standard, the unit was determined by testing cubes of 0.1m edge. The adobe cubes or mud wall samples complied with the average of the four best samples (of six samples) which were greater than the last indicated resistance, the tests were carried out using completely dry pieces, the last resistance being at least  $10.2 \text{ kg/cm}^2$ .

10 were made for each sample: standard, with 5%, 10% and with 15% of prickly pear, making a total of 40 specimens.

According to ASTM Standard C-67 - Standard Test Methods for Testing and Testing of Structural Clay Bricks, indicates that the absorption of each specimen is measured as the ratio between the weight of water absorbed by the unit after it has been submerged for 24 hours in a pool of water. At least 5 units are requested; therefore 06 were made for each sample: pattern, with 5%, 10% and with 15% of prickly pear, making a total of 24 specimens.

## Índice general

Palabras clave.....	2
Resumen.....	4
Abstract.....	5
<b>I. Introducción.....</b>	<b>12</b>
1.1. Antecedentes y fundamentación científica.....	12
1.2. Justificación de la investigación.....	19
1.3. Problema.....	22
1.4. Conceptuación y operacionalización de las variables.....	22
1.5. Hipótesis.....	45
1.6. Objetivos.....	45
<b>II. Metodología.....</b>	<b>47</b>
2.1. Tipo y Diseño.....	47
2.2. Población y Muestra.....	47
2.3. Técnicas e instrumentos de investigación.....	49
2.4. Proceso y análisis de los datos.....	49
<b>III. Resultados.....</b>	<b>68</b>
3.1. Resultados de los ensayos para clasificación del suelo.....	68
3.2. Resultados de los ensayos de los adobes.....	78
<b>IV. Análisis y discusión.....</b>	<b>82</b>
4.1. Resistencia a la compresión.....	82
4.2. Ensayo a la absorción de agua.....	83
<b>V. Conclusiones y recomendaciones.....</b>	<b>84</b>
5.1. Conclusiones.....	84
5.2. Recomendaciones.....	85
<b>VI. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>86</b>
<b>VII. Dedicatoria.....</b>	<b>89</b>
<b>VIII. Agradecimientos.....</b>	<b>90</b>
<b>IX. Anexos y apéndice.....</b>	<b>91</b>

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Distribución mundial de Arquitectura de Adobe .....</i>	<i>13</i>
--	-----------

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1. Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominantes en las paredes exteriores de las viviendas.....</b>	<b>21</b>
<b>Gráfico 2. Porcentajes de material predominantes en las paredes exteriores de las viviendas.....</b>	<b>21</b>
<b>Gráfico 3. Carta de Plasticidad.....</b>	<b>41</b>
<b>Gráfico 4. Curva de distribución granulométrica.....</b>	<b>79</b>
<b>Gráfico 5. Límites de consistencia.....</b>	<b>71</b>
<b>Gráfico 6. Proctor Standard del adobe patrón.....</b>	<b>73</b>
<b>Gráfico 7. Proctor Standard del adobe con 5% de goma de tuna.....</b>	<b>74</b>
<b>Gráfico 8. Proctor Standard del adobe con 10% de goma de tuna.....</b>	<b>76</b>
<b>Gráfico 9. Proctor Standard del adobe con 15% de goma de tuna.....</b>	<b>77</b>
<b>Gráfico 10. Representación del ensayo de Resistencia a la compresión.....</b>	<b>79</b>
<b>Gráfico 11. Representación del ensayo de absorción.....</b>	<b>81</b>



## Índice de tablas

<i>Tabla 1. Diseño teórico (Consistencia metodológica.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 3. Diseño en bloque para la resistencia a compresión.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 4. Diseño en bloque para la resistencia a la absorción.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 5. Análisis granulométrico.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 6. Porcentaje de contenido de humedad.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 7. Proctor Standard para el adobe patrón.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla 8. Proctor Standard para el adobe con 5% de goma de tuna.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 9. Proctor Standard para el adobe con 10% de goma de tuna.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla 10. Proctor Standard para el adobe con 15% de goma de tuna .....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 11. Resistencia a la compresión.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabla 12. Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del adobe patrón y experimentales <math>f'c=10.5 \text{ kg/cm}^2</math> .....</i>	<i>79</i>
<i>Tabla 13. Ensayo de absorción.....</i>	<i>80</i>

## Índice de fotografías

<i>Fotografía 1. Extensión de la tierra obtenida.....</i>	<i>49</i>
<i>Fotografía 2. Extracción de hojas de tuna.....</i>	<i>50</i>
<i>Fotografía 3. Recolección de hojas de tuna.....</i>	<i>51</i>
<i>Fotografía 4. Corte de hojas de tuna.....</i>	<i>52</i>
<i>Fotografía 5. Remojo de las hojas de tuna. ....</i>	<i>52</i>
<i>Fotografía 6. Líquido viscoso de goma de tuna.....</i>	<i>53</i>
<i>Fotografía 7. Goma de tuna.....</i>	<i>54</i>
<i>Fotografía 8. Proceso del ensayo granulométrico.....</i>	<i>56</i>
<i>Fotografía 9. Proceso de secado de la muestra.....</i>	<i>57</i>
<i>Fotografía 10. Proceso del ensayo para determinar los límites.....</i>	<i>58</i>
<i>Fotografía 11. Obtención de la muestra que pasa el tamiz N° 4. ....</i>	<i>59</i>
<i>Fotografía 12. Llenado de agua en la probeta para verterlo en la muestra.....</i>	<i>59</i>
<i>Fotografía 13. Proceso de preparación del material añadiendo agua.....</i>	<i>60</i>
<i>Fotografía 14. Proceso de compactación de Proctor standard.....</i>	<i>60</i>
<i>Fotografía 15. Cernido de la tierra. ....</i>	<i>61</i>
<i>Fotografía 16. Mezclado de tierra con la goma de tuna. ....</i>	<i>62</i>
<i>Fotografía 17. Elaboración de adobe compactado.....</i>	<i>62</i>
<i>Fotografía 18. Tendido de adobes para su secado. ....</i>	<i>63</i>
<i>Fotografía 19. Acondicionamiento de la máquina para el ensayo a compresión. ....</i>	<i>64</i>
<i>Fotografía 20. Colocación del bloque de adobe.....</i>	<i>64</i>
<i>Fotografía 21. Ensayo a compresión.....</i>	<i>65</i>

<i>Fotografía 22. Adobes a sumergir.</i> .....	<b>66</b>
<i>Fotografía 23. Pesado de los adobes</i> .....	<b>66</b>

## Capítulo I. Introducción

### **1.1. Antecedentes y fundamentación científica**

La tierra es el material para construir más accesible al hombre, sabemos que durante mucho tiempo el hombre hacía construcciones de piedra y utilizaba de mortero el barro, para de esta forma crear sus viviendas las cuales en su mayoría tenían cobertura de madera con paja. Después, no teniendo el material de la piedra, se descubrió la forma de crear moldes de tierra, las cuales eran secadas al sol, dando cuenta a lo largo del tiempo que ello fisuraba el adobe y procediendo a secarlos bajo sombra. De esta forma este material se fue apoderando de las construcciones que se realizaban en los valles y laderas interandinas, pues además de ser este material de fácil acceso, permitió crear ambientes que tenían características favorables, como son: la mitigación del ruido y mantener un ambiente cálido

Monumentales conjuntos arqueológicos en el mundo contruidos con unidades piramidales y esféricas moldeadas a mano o con forma de paralelepípedos rectos de base cuadrada o rectangular, según el molde usado, son testimonio de la construcción con tierra. Registrándose en la ciudad de Huaraz un terremoto en el año 1970, generando éste a su vez el desprendimiento de un bloque de hielo del nevado Huascarán ubicado en la ciudad de Yungay, produjo un aluvión dejando como saldo la muerte de 70.000 personas. En aquel tiempo la mayoría de las construcciones eran de material de adobe, sin embargo en la localidad de Coishco el cual se encontraba cerca al lugar del desastre, las construcciones de adobe no habían sufrido daños fuertes, por ello se busca detectar nuevas maneras de mejorar la resistencia del abobe.

En nuestro país una clara muestra es la ciudad pre inca de Chan-Chan ubicada entre los distritos de Trujillo y Huanchaco, la cual tuvo una extensión original de 20 km<sup>2</sup>, sin embargo debido a muchos factores ahora solo cuenta con 14 km<sup>2</sup>. Esta ciudadela fue construida en el año 850. Además fue declarada patrimonio de la humanidad por la UNESCO en el año 1986. Por estas razones, es considerada como la ciudad de barro más grande de América.

- La deficiencia sísmica de la construcción de adoba se debe al elevado peso de la estructura, a su baja resistencia y a su comportamiento frágil. Durante terremotos severos, debido a su gran peso, estas estructuras desarrollan niveles elevados de fuerza sísmica, que son incapaces de resistir y por ello fallan violentamente. **(Blondet, Villa, & Brzev, 2003, p.6-7).**

Alrededor del 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra. Aproximadamente el 50% de la población de los países en desarrollo, incluyendo la mayoría de la población rural y por lo menos el 20% de la población urbana y urbano marginal, viven en casas de tierra **(Houben & Guillaud, 1994).**(Figura 1)



*Figura 1:* Distribución mundial de Arquitectura de Adobe

*Fuente:* De Sensi, 2003

### **1.1.1. Antecedentes Internacionales.**

- **Gonzalo, V. (2012)**, en su tesis titulada Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos, concluye que “Para su uso en el contexto presente y futuro, es necesario que este material sea mejorado mediante una serie de aditivos y adiciones que desarrollen sus prestaciones iniciales, principalmente las relacionadas con el agua. En este campo son muchos y muy diferentes los productos que se encuentran en el mercado, tanto de carácter sintético como orgánico. Una de las mejoras de la tierra consiste en la estabilización mecánica mediante fibras naturales, ya que como se ha demostrado con este trabajo, el empleo únicamente de barro sin ningún tipo de adición, bien para la fabricación de muros, bien para su uso en revestimientos, es imposible. De las distintas fibras estudiadas, las que mejoran en menor medida las propiedades originales del barro son las de paja. **(p.128)**

Aparte de la estabilización mecánica con fibras, es necesaria la adición de otro tipo de sustancias que mejoren en mayor grado el comportamiento de los elementos de tierra frente al agua; caseína, melaza, asfalto... son componentes, igualmente naturales, que pueden incrementar las propiedades en este aspecto de los revestimientos de barro. **(p.136)**

- **Ríos, E. (2010)**, en su tesis titulada Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado, concluye que: “la adición de jabón en 0.5 y 1.0% al látex provoca un efecto retardante de la plastificación en éste, permitiendo con esto mayores tiempos de mezclado de látex con el suelo, así como un mezclado más homogéneo, siendo 1.0% de jabón combinado con 2% de látex la adición que presenta mejores resultados para las propiedades evaluadas en esta investigación”. **(p.108)**

El látex (polo-isopreno), 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 combinado con 1.0% de jabón como estabilizante, mezcla M7.(p.108)

- **Morales, Ortiz Y Alavéz (2007)**, en su trabajo de investigación Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado, concluyen que: “La adición del cemento tipo Portland como estabilizante en los adobes compactados, contribuye a mejorar notablemente las características mecánicas.”, “El estudio de mezclas es necesario para definir la cantidad de cemento adecuado para asegurar un buen comportamiento estructural del adobe compactado.”, “El curado mediante riegos de agua a los muros es importante para tener mejores resistencias en las juntas.”, “Es factible utilizar el material con el que se fabrican los adobes compactados, para la elaboración de morteros con cemento Portland y emplearlos en la junta de los adobes.”, “El mejoramiento del adobe fomenta el uso de la tierra como material de construcción.”(p.47)

### **1.1.2. Antecedentes Nacionales.**

- **Sánchez, K. (2010)**, en su tesis titulada “Propuesta de aditivos naturales y microfibras de papel para reparar fisuras en muros de monumentos históricos de tierra”, concluye que: “la reparación de las fisuras de un muro de adobe mediante la inyección de *grouts* de barro es utilizado para devolverle al muro sus propiedades iniciales y disminuir la posibilidad de colapso frente a un sismo. Para reparar fisuras finas con espesores menores a los 3 mm se estudiaron *grouts* de suelo tamizado por las mallas #30 y #48 que contienen arena, cuyo tamaño máximo de partícula es 0.60 mm y 0.32 mm respectivamente.”(p.77)

“El mucílago o goma de tuna mejoró ligeramente la resistencia del *grout* de suelo solo con 50% y 60% de humedad. Sin embargo, el aumento de resistencia no es considerable y no justifica el trabajo requerido para obtener el aditivo. Por tanto, su uso en suelos con arena media no es eficiente, además, la relación entre el ancho de fisura medida en el mortero, con la resistencia no es coherente. A pesar del ligero aumento de la resistencia, la goma de tuna aumentó el ancho de fisuras en vez de reducirla.”(p.77)

“La clara de huevo, usada en 5% respecto al volumen de agua en la mezcla, ayuda a consolidar el esqueleto estructural del suelo gracias a su capacidad aglutinante. Debido a ello su adición en *grouts* de suelo tamizado por la malla #30 resulta ser útil para mejorar la resistencia seca del *grout*.” (p.78)

“La goma de tuna es efectiva en mejorar la resistencia del *grout* de suelo tamizado por la malla #48 siempre que se usen humedades cercanas al 70%. Sin embargo, no se puede afirmar que la mejora de la resistencia se deba al retardo de la velocidad de secado, debido a que el ancho de fisuras se incrementó con la adición de este aditivo. Por tanto, es necesario estudiar el contenido de la goma de tuna para determinar cuál es el efecto en el comportamiento del *grout*.” Además de lo mencionado, es conveniente realizar ensayos de tracción indirecta a *grouts* de suelo tamizado con goma de tuna con humedades mayores al 70% con el fin de establecer un rango de humedades óptimo.(p.79)

- **Bolaños, J. (2016)** en su tesis titulada “Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna”, concluye que: “los bloques de adobe



elaborados con la máquina compactadora de la muestra patrón sin aditivo y ensayados en mitades a compresión superan al valor mínimo que exige la norma E.080 de 12 kg/cm<sup>2</sup>, y los bloques con aditivo en porcentajes del 5%, 10% y 15% superan su resistencia a los bloques de adobe de la muestra patrón en un 43%.**(p.72)**

“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 aditivo se obtuvo una resistencia de 19.19 kg/cm<sup>2</sup> y al utilizar goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15% obteniendo resistencias de 21.90 kg/cm<sup>2</sup>, 25.27 kg/cm<sup>2</sup> y 27.56 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, estos valores superan a lo que especifica la norma E-080 y también a la muestra patrón.” **(p.72)**

“Además, los resultados demuestran la baja resistencia frente a la absorción, afirmándose con los resultados obtenidos en la presente investigación, los bloques de adobe de tierra con porcentajes de 5% y 10% si logra resistir; sin embargo, el bloque de adobe de la muestra patrón sin aditivo y con 15% no resisten a la prueba de absorción sumergidos en agua durante 24 horas.” **(p.72)**

“El adobe compactado con adición de goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15% aumentan la resistencia a compresión y flexión hasta un 43% y 42 % respectivamente en comparación con la muestra patrón sin aditivo y para la absorción de agua la muestra patrón no resistió la prueba, pero los bloques de adobe con 10% de aditivo aumenta hasta un 15% en comparación a los bloques de adobe con 5% de goma de tuna.” **(p.73)**

“La resistencia a compresión de los bloques de adobe compactado y ensayado en mitades tienen una resistencia de 19.19 kg para la muestra patrón y para los porcentajes de 5%, 10% y 15% presentan valores de 21.90 kg/cm<sup>2</sup>, 25.27 kg/cm<sup>2</sup> y 27.56 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, siendo estos valores mayor a lo que especifica la NTP E.080, el cual indica una resistencia mínima a compresión de 12 kg/cm<sup>2</sup>. El porcentaje de absorción del bloque de adobe compactado con 5%, 10% de goma de tuna es de 12.68% y 14.62% respectivamente, la muestra patrón y los de bloques de adobe con 15% no resiste la prueba de absorción.”(p.73)

### **1.1.3. Antecedentes Locales.**

- **Escudero, A. (2013)**, en su artículo “Uso de la goma de tuna (opuntia ficus) como aglomerante natural para reducir las pérdidas de los finos en el lastrado de las carreteras vecinales”, concluye que: “según los resultados obtenidos, se ha demostrado que el mucílago o goma de “tuna” (Opuntia ficus), mezclado en un 5,15 % con el afirmado, se logra evitar la pérdida de finos del afirmado, logrando disminuir la polvareda en los caminos vecinales. Usando este aglomerante natural se puede mitigar la contaminación ambiental que ocasiona en la salud de los pasajeros y las poblaciones aledañas a los caminos vecinales, como reducir el daño al ecosistema.” (p.7)

“El mucílago o goma de “tuna” (Opuntia ficus), sí reduce la disgregación de los finos, el cual se obtiene de la curva de ajuste para una altura mínima de desgaste de 0,5469 cm le corresponde el 5,15 % de goma de “tuna”, lo que se puede decir que para 1 m<sup>3</sup> afirmado se requiere 1,235 kg de goma de tuna.” (p.7-8)

“El cultivo de la tuna es una alternativa que puede lograr impulsar el crecimiento económico de los pueblos que se encuentran extrema pobreza debido a que presenta productos y derivados que se pueden comercializar, tales como el fruto, la cochinilla, néctar y productos para medicamentos. Asimismo, se ha demostrado que la goma de tuna encontrada en las hojas, sirve como aglomerante para el mejoramiento del afirmado de las carreteras (polco cero), logrando reducir los costos de mantenimiento de las vías. Para lo cual se tiene la necesidad de tener 0,963 toneladas de goma de “tuna” por kilómetro de carretera a rehabilitar. Según información recopilada, la producción promedio de “tuna” es de 6,11 Tn/ha, con una densidad de 2000 a 2500 plantas/ha.” (p.8)

“El mucílago o goma de tuna le da mayor vida útil a las rehabilitaciones de los caminos vecinales, se tiene que para 3 años se ha producido un desgaste del 0,5469 cm., lo cual se puede comparar cuando no se utiliza ningún porcentaje de goma de tuna en el afirmado, a tres años se tendría un desgaste del orden de 5,361 cm, lo que significaría más años de vida del afirmado cuando se utiliza 5,146 9 % de goma de tuna.” (p.9)

## **1.2. Justificación de la investigación.**

El Perú constituye un país con alta exposición a fenómenos naturales como sismos, inundaciones, deslizamientos, huaycos, sequías, heladas y de otra naturaleza con potencial destructivo. En ese sentido, el número de muertes suele ser elevado por cuanto afecta en mayor medida a grupos de población más pobres y vulnerables y sin duda uno de los impactos más comprometedores es el deterioro de las condiciones de vida de la población.

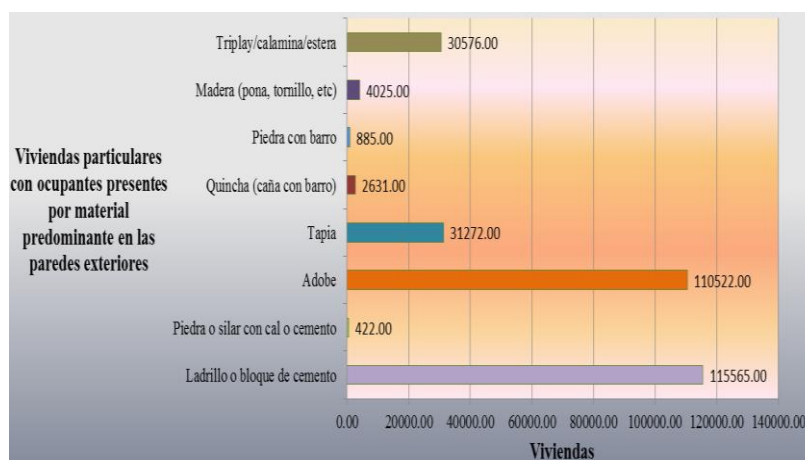
El adobe es muy utilizado en todas partes del mundo por el bajo costo que éste representa; sin embargo, debido a la intervención de agentes como: lluvia, viento y sismos, además de la naturaleza propia de los suelos con los que se elaboran, por ser arcilla en el mayor de los casos, tienden a mostrar afinidad por el agua, lo que reduce la resistencia a compresión, flexión y desintegración al entrar en contacto con el agua, por lo que la durabilidad de las estructuras construidas con este material es relativamente corta.

Según los pisos ecológicos del Perú, en Ancash se tiene plantaciones de tuna desde los 23 m.s.n.m hasta 3 550,00 m.s.n.m, cuya producción no está calculada con precisión y además este cultivo se desarrolla en zonas de tierras áridas, existiendo en el Perú miles de hectáreas de terrenos eriazos que se desperdician. Incentivar el cultivo de la tuna en estos lugares, es una buena alternativa para el desarrollo económico, ya que esta planta tiene muchas virtudes, tanto su fruto, como la cochinilla y ahora también se puede usar su pulpa (hoja de la tuna) para la estabilización de suelos. **(Escudero, p3).**

Ancash, en este caso en la zona del Callejón de Huaylas está abastecida de gran cantidad de esta especie de planta como es la tuna, ya que se tienen antecedentes que la goma de la hoja de tuna puede actuar como impermeabilizante y además mejorar la resistencia del concreto y del adobe. Se sabe que parte de la población, siendo mayor en la zona rural; las casas se fabrican con el uso de adobe, al cual adicionan pajilla para mejorar su estabilización y la construcción máxima pueda ser de dos pisos.

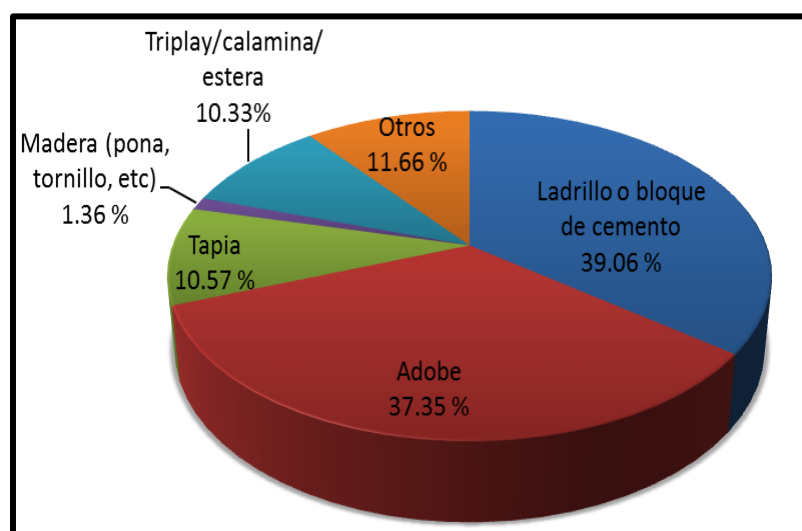
En la ciudad de Huaraz, se sigue usando el adobe como material de construcción, a pesar del clima lluvioso, ya que es un material de bajo costo y de construcción rápida, que a su vez

impulsa nuevas alternativas de elaboración para lograr una mayor resistencia, y de esta manera poder incrementar su uso. En el departamento de Ancash, el adobe es el material más utilizado para la construcción, representando el 37.35%, mientras que el uso de ladrillo o bloque de cemento es del 39.06%.



*Gráfico 1.* Viviendas particulares con ocupantes presentes, por material de construcción predominantes en las paredes exteriores de las viviendas.

*Fuente:* Elaboración propia en base a la información del CENSO INEI, 2017.



*Gráfico 2.* Porcentajes de material predominantes en las paredes exteriores de las viviendas.

*Fuente:* Elaboración propia en base a la información del CENSO INEI, 2017.

### **1.3. Problema**

#### **1.3.1. Formulación proposicional del problema**

¿Cuál es el resultado de los ensayos de resistencia a compresión y absorción del adobe compactado patrón, y con sustitución del agua por goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15%?

### **1.4. Conceptuación y operacionalización de las variables**

#### **1.4.1. Definición de adobe:**

El adobe es un bloque de barro producido a mano rellenando barro en moldes y secados al aire libre. La construcción de muros de adobe se realiza con mortero de tierra. Para la elaboración de adobes se emplean diferentes tipos de moldes, generalmente de madera. El Reglamento Nacional de Edificaciones denomina al adobe como una unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad.

Es un material de construcción de bajo costo y muy asequible ya que es elaborado por todas las comunidades locales. Las estructuras de adobe son generalmente autoconstruidas, porque la técnica constructiva tradicional es simple y no requiere consumo adicional de energía. Los bloques se adhieren entre sí con barro para levantar los muros de fachada o divisiones interiores de una vivienda. Según la NTP E.080 las edificaciones de tierra reforzada deben ser de un piso en las zonas sísmicas 4 y 3, y hasta de dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1.

El barro constituye una excelente materia prima para la construcción. Es el resultado de una lenta eflorescencia de feldespato, cuarzo y mica. Es abundante, económico y reciclable, excelente para regular el control de las variaciones de la temperatura ambiental en una habitación. Mezclado con fibra provee aislamiento acústico y térmico, absorbe olores y no es atacado por el fuego. Y, como se verá en páginas subsiguientes, constituye un factor de estímulo a la creatividad, la estética y la flexibilidad de la obra arquitectónica.

#### **1.4.2. Tipos de adobe.**

##### **1.4.2.1. Adobe no estabilizado.**

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- expansión que puede conducir a fisuras y deformaciones. **(Ríos, 2010, p.28).**

Originalmente el adobe se elaboraba con paja o fibras, 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 está equilibrada y presenta cambios dimensionales despreciables, el uso de fibras puede ser omitido. **(Ríos, 2010, p.28).**

#### **1.4.2.2. *Adobe semi-estabilizado.***

“Este tipo de adobe se clasifica como una forma de block resistente a la humedad debido a la incorporación a su composición habitual un 3 a 5% de su peso en forma de estabilizante o de agente impermeable. Este estabilizador posee gran importancia en la protección del bloque de adobe durante el proceso de curado. La emulsión asfáltica es el principal estabilizador debido a su facilidad de uso y propiedades físicas, principalmente de impermeabilidad. Dicho estabilizante es adicionado desde el momento en que se mezclan los materiales para elaborar los ladrillos y no como un acabado final sobre dichos ladrillos.”(Ríos, 2010, p.29).

#### **1.4.2.3. *Adobe estabilizado.***

Es el adobe en el que se ha incorporado otros materiales como: asfalto, cemento, cal, etc. con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad.

#### **1.4.2.4. *Adobe compactado.***

“La compactación en el adobe es una alternativa en la que se aprovecha las ventajas del adobe tradicional y minimizan sus desventajas, ya que al mezclar adecuadamente los ingredientes del adobe tradicional y luego a esto 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 total y la macro porosidad.” (Ríos, 2001).

#### **1.4.3. Arena.**

Se entiende por arena, a los restos de rocas que están fraccionados y que se encuentran en ciertas zonas. Éstas, a su vez, podrían unirse y formar nuevos minerales, que se consolidan con el pasar del tiempo, formando aquellas creaciones llamadas areniscas. El tamaño de cada grano de arena oscila entre los 0,063 y los 2 mm.

#### **1.4.4. Limo.**

Es un material componente inerte, estable en contacto con agua y sin propiedades cohesivas, constituido por partículas de roca con tamaños comprendidos entre 0.002 mm y 0.08 mm.

#### **1.4.5. Arcilla.**

Único material activo e indispensable del suelo. En contacto con el agua permite su amasado, se comporta plásticamente y puede cohesionar el resto de partículas inertes del suelo formando el barro, que al secarse adquiere una resistencia seca que lo convierte en material constructivo. Tiene partículas menores a dos micras (0.002 mm).

#### **1.4.6. Requisitos de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada.**

El artículo 5 de la NORMA E.080 del RNE señala lo siguiente: “Debe verificarse que la tierra contenga adecuada presencia de arcilla mediante las pruebas indicadas en los Anexos. Asimismo, que se encuentre libre de cantidades perjudiciales de materia orgánica.

Debe cumplir lo indicado en:

- a) Agua potable o agua libre de materia orgánica, sales y sólidos en suspensión.
- b) Estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceites, ácidos, álcalis, sales, materia orgánica y otras sustancias que puedan ser dañinas.”

#### **1.4.7. Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe.**

El artículo 18 de la norma referida señala que: “El bloque de adobe terminado debe estar libre de materias extrañas, grietas u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad. El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°. El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso. El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho. La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.”

#### **1.4.8. Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio.**

El artículo 8 de la norma referida señala que: “Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la compresión (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente:

a) La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista.

b) La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente:  $f_o=1.0\text{MPa}=10.2\text{ kgf/cm}^2$ .

c) Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

d) En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidas en moldes de 0.1 x 0.1 x 0.15 m. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso.

#### **1.4.9. Absorción de agua.**

En el ensayo de absorción se miden la absorción de la unidad sumergida en agua fría durante veinticuatro horas, la absorción máxima de la unidad que corresponde al hervido de esta durante cinco horas y el coeficiente de saturación, que es la relación entre la absorción y la absorción máxima. Para efectuar el ensayo las unidades se secan, se pesan y se someten al tratamiento antes dicho y luego de eso se vuelven a pesar. Se llama absorción y absorción máxima a la diferencia de peso entre la unidad mojada y la unidad seca expresada en porcentaje

del peso de la unidad seca. El coeficiente de saturación es simplemente la relación entre esos dos porcentajes. (Gallegos & Casabonne, 2005)

$$\%ABS = \frac{P2-P1}{P1} X 100\%$$

*Ecuación 7. Absorción de agua*

Donde:

%ABS = Porcentaje de absorción de agua (%).

P1 = Peso de la unidad seca (gr).

P2 = Peso de la unidad saturada (gr).

#### **1.4.10. Estabilizante.**

Se plantea el uso de la goma de hoja de tuna y de esta manera lograr una estabilidad del bloque de adobe.

##### **1.4.10.1. Goma de tuna.**

Según estudios realizados por Vargas et al, 1986, en la sierra la hoja de tuna es usada en la construcción tradicional de adobe como estabilizante en los enlucidos de barro de los muros, para disminuir la erosión provocada por las lluvias; es decir, cumple con una función impermeabilizante.

#### **1.4.11. Operacionalización de las variables:**

##### **Variable independiente:**

- Porcentaje (%) de adición de goma de tuna.

##### **Variables dependientes:**

- La resistencia a la compresión.
- La resistencia a la absorción de agua.

En el presente proyecto para la tesis que presento, se realizará la sustitución del agua por goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15% en el adobe compactado para determinar su influencia en pruebas de resistencia a la compresión y su absorción.

Los adobes son bloques de barro elaborados con un molde, de un tamaño un poco mayor al de un ladrillo. Para conformar muros, se apilan los adobes de la misma forma como se hace con los ladrillos y para unirlos entre si se usa arcilla o cal y arena. Los adobes tienen buena resistencia a compresión, aislamiento térmico y acústico e inercia térmica.

Tabla 1

*Diseño teórico (Consistencia metodológica).*

<b>DISEÑO TEÓRICO (Consistencia metodológica)</b>			
<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<p>¿Cuál es el resultado de los ensayos de resistencia a compresión y absorción del adobe compactado patrón, y con sustitución del agua por goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15%?</p>	<p><b>General:</b></p> <p><i>Comparar la resistencia a compresión y absorción del adobe compactado patrón y los adobes compactados con goma de tuna con porcentajes de 5%, 10% y 15%.</i></p> <p><b>Específicos:</b></p> <p><i>Determinar las características del material a utilizar.</i></p> <p><i>Elaborar los adobes patrón con la máxima densidad seca.</i></p> <p><i>Elaborar los adobes experimentales con la máxima densidad seca.</i></p> <p><i>Determinar la resistencia a compresión y absorción de los adobes patrón.</i></p> <p><i>Determinar la resistencia a compresión y absorción de los adobes experimentales.</i></p> <p><i>Comparar los resultados con aplicación de la validez estadística</i></p>	<p><i>Si sustituimos un cierto porcentaje del agua por goma de tuna en el adobe compactado, se obtendrá una mejora en la resistencia a compresión y se incrementará la absorción de agua en el adobe.</i></p>	<p><b>Independiente:</b></p> <p><i>El porcentaje de goma de tuna.</i></p> <p><b>Dependiente:</b></p> <p><i>Resistencia a la Compresión.</i></p> <p><i>Resistencia a la absorción de agua.</i></p>

*Fuente:* Elaboración propia.

### ***1.4.12. Ensayos de laboratorio.***

#### ***1.4.12.1. Análisis Granulométrico Por tamizado.***

El suelo está constituido por infinidad de partículas y la variedad en el tamaño de estas es ilimitada.

El análisis Granulométrico Es la determinación de los tamaños de las partículas de una cantidad de muestra de suelo, y aunque no es de utilidad por sí solo, se emplea junto con otras propiedades del suelo para clasificarlo, a la vez que nos auxilia para la realización de otros ensayos. En los suelos granulares nos da una idea de su permeabilidad y en general de su comportamiento ingenieril.

Por tanto, sirve para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 0.074 mm (N°200).

**Entonces podemos decir que el objetivo de este ensayo es el de determinar:**

- Porcentaje de arenas.
- Porcentaje de finos.
- Clasificación del suelo según el SUCS.
- Curva granulométrica.
- Tipo de suelo.

**Materiales:**

La muestra obtenida para realizar el ensayo, el cual deberá estar seco, se tomará la cantidad necesaria para realizar el ensayo.

**Equipos:**

- Balanza digital.
- Recipientes.
- Juego de tamices.
- Cepillos y brochas.

**Procedimiento:**

- Se procede a secar la muestra obtenida, para luego pasar a pesarla.
- Luego se colocan los tamices (3 ½", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", ¼", N°:4, 10, 16, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200).
- Se procede a verter la muestra a través de los tamices los cuales deberán estar bien encajados en orden de abertura decreciente desde la tapa hasta el fondo. Se agitan los tamices manualmente por un periodo, el cual sea suficiente.
- Una vez se termina de tamizar, se procede a pesar en la balanza el material retenido en



cada tamiz, los cuales estarán en los respectivos recipientes.

- Obtenido el dato de los pesos, se procede a calcular los porcentajes de material que pasa por cada tamiz, así como el porcentaje retenido.
- Teniendo estos datos, se puede graficar la curva granulométrica.
- También los porcentajes determinarán conjuntamente con el IP, la clasificación del tipo de suelo según SUCS.
- Todo ello tomando en cuenta la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012, 2001).

#### ***1.4.12.2. Límites de Atterberg o Límites de consistencia.***

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados que permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene en estado plástico. Con ellos, es posible clasificar el suelo en la Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).

Fueron originalmente ideados por un sueco de nombre Atterberg especialista en agronomía y posteriormente redefinidos por Casagrande para fines de mecánica de suelos de la manera que hoy se conocen.

Para obtener estos límites se requiere manipular la muestra de suelo destruyendo su estructura original y por ello es que una descripción del suelo en sus condiciones naturales es absolutamente necesaria y complementaria.

Para realizar los límites de Atterberg se trabaja con todo el material menor que la malla #40 (0.42 mm). Esto quiere decir que no solo se trabaja con la fracción fina del suelo (< malla #200), sino que se incluye igualmente la fracción de arena fina.

**a. Límite Líquido (LL).**

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.

**Materiales:**

- La muestra obtenida que pasa la malla N° 40.

**Equipos:**

- Malla N° 40.
- Balanza digital.
- Estufa.
- Copa de Casa Grande.
- Espátula.

- Probeta de 100ml.
- Cápsula de porcelana.
- Recipientes.

**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 la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de abscisas se registrará 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.

**b. Límite Plástico (LP).**

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.

**Materiales:**

- Pequeña parte de la muestra.

**Equipo:**

- Balanza digital.
- Estufa.
- Espátula.
- Placa de vidrio

- Cápsula de porcelana.
- Recipientes.

**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.

**c. Índice de Plasticidad (IP).**

Es la diferencia entre los límites líquido y plástico, es decir, el rango de humedad dentro del cual el suelo se mantiene plástico:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP : Índice de plasticidad

LL : Límite líquido

LP : Límite plástico

Todo ello tomando en cuenta la Norma Técnica Peruana (NTP 339.129, 1999).

### 1.4.12.3. *Contenido de Humedad.*

Razón entre peso del agua y peso del suelo seco de una muestra. Se expresa en porcentaje:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Donde:

$W_w$  : peso agua

$W_s$  : peso suelo seco

#### **Materiales:**

- Muestra extraída del estrato de estudio.

#### **Equipos:**

- Balanza digital.
- Estufa.
- Recipientes.

#### **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  $W\% = \mathbf{W_w/W_s} * 100$ .

#### **1.4.12.4. Clasificación del suelo.**

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS es un sistema de clasificación de suelos usado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Este sistema de clasificación puede ser aplicado a la mayoría de los materiales sin consolidar y se representa mediante un símbolo con dos letras. Para clasificar el suelo hay que realizar previamente una granulometría del suelo mediante tamizado u otros.

**a) Suelos gruesos.** Se dividen en gravas y arena, y se separan con el tamiz No. 4, de manera que un suelo pertenece al grupo de grava si más del 50% retiene el tamiz No. 4 y pertenecerá al grupo arena en caso contrario.

**b) Suelos finos.** De acuerdo al sistema de clasificación unificado estas partículas tienen un tamaño inferior a 0.075 mm, que corresponden a la categoría del limo y la arcilla, por lo que toda fracción de **suelo** que pasa el tamiz Nro. 200 es considerado como **suelo fino**.

Tabla 2

## Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

Criterios para la asignación de símbolos de grupo y nombre de grupo con el uso de ensayos de laboratorio			Clasificación de suelos			
			Símbolo de grupo	Nombre del grupo		
<b>Suelos de partículas gruesas</b> mas del 50% es retenido en la malla No. 200	<b>Gravas</b> Mas del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada	
			$Cu < 4$ y $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada	
		Gravas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa	
	Gravas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para GW y GM	GW-GM	Grava bien graduada con limo		
		Cumple los criterios para GW y GC	GW-GC	Grava bien graduada con arcilla		
		Cumple los criterios para GP y GM	GP-GM	Grava mal graduada con limo		
		Cumple los criterios para GP y GC	GP-GC	Grava mal graduada con arcilla		
	<b>Arenas</b> El 50% o mas de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% pasa la malla No. 200	$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada	
			$Cu < 6$ y $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada	
		Arenas con finos Mas del 12% pasa la malla No. 200	IP < 4 o debajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa	
			IP > 7 o arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa	
		Arenas limpias y con finos Entre el 5 y 12% pasa malla No.200	Cumple los criterios para SW y SM	SW-SM	Arena bien graduada con limo	
			Cumple los criterios para SW y SC	SW-SC	Arena bien graduada con arcilla	
<b>Suelos de partículas finas</b> El 50% o mas pasa la malla No. 200	Limos y arcillas Limite Liquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	ML	Limo de baja plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno ----- limite liquido - no secado	< 0.75	OL	Arcilla orgánica
						Limo orgánico
	Limos y arcillas Limite Liquido mayor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad	
			IP < 4 y se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad	
		Orgánicos	Limite liquido - secado al horno ----- limite liquido - no secado	< 0.75	OH	Arcilla orgánica
						Limo orgánica
	<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Principalmente materia orgánica de color oscuro		PT	Turba	

Fuente: Mazo y Blanco, Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) 2017.



## Gráfica de plasticidad del USCS

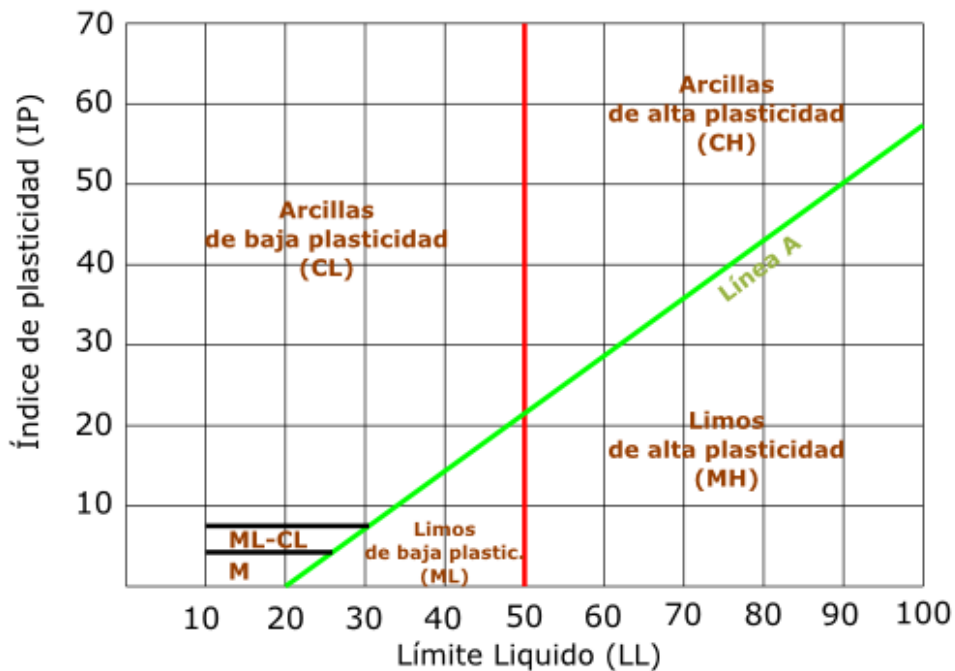


Gráfico 3. Carta de Plasticidad.

Fuente: Tabla de clasificación de materiales en función de los límites de Atterberg, Wikipedia

### 1.4.12.5. Ensayo de Proctor Standard.

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 5,5 lbf (24,4 N) que cae de una altura de 12 pulgadas (305 mm), produciendo un Energía de compactación de 12 400 lb-pie/pie<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>).

**Parámetros:**

- $E_c$  = Energía de Compactación = 12 400 Lb-pie/pie<sup>3</sup> (600 kN-m/m<sup>3</sup>)
- $W$  = Peso del martillo = 5,5 lbf (24,4 N)
- $h$  = Altura de caída del martillo = 12" (305 mm)
- $N$  = Número de golpes por capas = depende el molde.
- $n$  = Número de capas = 3
- $V$  = volumen del molde cm<sup>3</sup> = depende del método de prueba.
- Suelo y Molde a Utilizar

**Método A:**

- **Material:** Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- **Molde:** 4 pulgadas de diámetro.
- **Volumen del molde:** 1/30 pie<sup>3</sup>.
- **Número de golpes por capa:** 25 golpes/capa.

**Método B:**

- **Material:** Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8" (9,5 mm).
- **Molde:** 4 pulgadas de diámetro.
- **Volumen del molde:** 1/30 pie<sup>3</sup>.
- **Número de golpes por capa:** 25 golpes/capa.

**Método C:**

- **Material:** Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/4" (19,0 mm).
- **Molde:** 6 pulgadas de diámetro.
- **Volumen del molde:** 1/13.3 pie<sup>3</sup>.
- **Número de golpes por capa:** 56 golpes/capa.

**Equipo:**

- Molde cilíndrico.
- Balanza.
- Pisón.
- Probeta.
- Recipiente suficiente para el material.
- Espátula

**Procedimiento:**

- Obtener la muestra seca para el ensayo, de acuerdo al método a utilizar (método A, B o C).
- Preparar 5 muestras con una determinada cantidad de agua, de tal manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varíe aproximadamente en 1/2 en ellas.

- Ensamblar el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.
- Compactar cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 o 56 golpes (depende del método A, B o C), al terminar de compactar la última capa, se retira el collar de extensión, se enrasa con la espátula y se determina la densidad húmeda (Dh).
- Determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada (w%), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior.
- Todo ello se realiza según lo estipulado en la NTP 339.142:1999.

#### **1.4.12.6. Resistencia a la compresión.**

Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. La resistencia a la compresión de un material que falla debido a la rotura de una fractura se puede definir, en límites bastante ajustados, como una propiedad independiente. Y se realiza hasta que el bloque presente rotura.

El valor de la compresión se determina dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la unidad. Entonces tenemos que:

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

Donde:

$f$  : Resistencia a la compresión (kg/cm<sup>2</sup>).

$Pu$  : Carga aplicada (kg).

$A$  : Área de aplicación de la carga (cm<sup>2</sup>).

#### **1.4.12.7. Goma de tuna.**

Según estudios realizados por Vargas Et Al, 1986, la hoja de tuna es usada en la construcción tradicional de adobe como estabilizante en los enlucidos de barro de los muros, para disminuir la erosión provocada por las lluvias; es decir, cumple con una función impermeabilizante, en esta investigación se intenta usar la goma de tuna para mejorar la resistencia a compresión, flexión del adobe compactado y disminuir la absorción de agua.

### **1.5. Hipótesis**

Si sustituimos un cierto porcentaje del agua por goma de tuna en el adobe compactado, se obtendrá una mejora en la resistencia a compresión y se incrementará la absorción de agua en el adobe.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo General.**

Comparar la resistencia a compresión y absorción del adobe compactado patrón y los adobes compactados con goma de tuna con porcentajes de 5%, 10% y 15%.

### **1.6.2. Objetivos específicos.**

- Determinar las características del material a utilizar.
- Determinar la resistencia a compresión y absorción de los adobes patrón.
- Determinar la resistencia a compresión y absorción de los adobes experimentales.
- Comparar los resultados con aplicación de la validez estadística.

## **Capítulo II. Metodología**

### **2.1. Tipo y Diseño de investigación**

El presente proyecto se realizará experimentalmente con elaboración de adobes compactados.

### **2.2. Población y Muestra**

#### **2.2.1. Población.**

Especímenes de adobe compactado elaborados con arcilla, limo, arena y goma de tuna.

















#### **2.2.2. Muestra.**

El RNE-E.080 indica que para el ensayo a compresión mínimo será 6 cubos; en este caso se harán 10 unidades para cada muestra, haciendo un total de 40 especímenes. Para el ensayo a la absorción de acuerdo a la norma ASTM-C67 se harán 6 unidades para cada muestra.

Según el siguiente esquema:

Tabla 3









Diseño en bloque para la resistencia a compresión.

Resistencia a la compresión del adobe compactado			
Adobe patrón	Adobe con 5% de goma de tuna	Adobe con 10% de goma de tuna	Adobe con 15% de goma de tuna
			
			
			
			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4

Diseño en bloque para la resistencia a la absorción.

Resistencia a la absorción del adobe compactado			
Adobe patrón	Adobe con 5% de goma de tuna	Adobe con 10% de goma de tuna	Adobe con 15% de goma de tuna
			
			

Fuente: Elaboración propia



### 2.3. Técnicas e instrumentos de investigación

La técnica a utilizar es la observación, siendo el instrumento de investigación las fichas de observación obtenidos del laboratorio de la universidad.

### 2.4. Proceso y análisis de los datos

#### 2.4.1. Obtención y caracterización de materiales.

- a) **El suelo:** La extracción del suelo se obtuvo de la localidad de Huanchac, perteneciente al distrito de Independencia. Para mantener la humedad de la tierra, se hizo el traslado en sacos los cuales se cubrieron con bolsas, teniendo como llegada el laboratorio de la Universidad San Pedro para poder empezar con los ensayos.



*Fotografía 1.* Extensión de la tierra obtenida

*Fuente:* Elaboración propia.

b) **Hojas de tuna** Se obtuvieron del distrito de Tinco, perteneciente a la provincia de Carhuaz, departamento de Ancash; se logró sacar las hojas con la ayuda de un machete.



*Fotografía 2.* Extracción de hojas de tuna.

*Fuente:* Elaboración propia.

Las hojas de tuna extraídas no cuentan con espinas, por lo tanto eso facilita el trabajo para proseguir con el procedimiento.



*Fotografía 3.* Recolección de hojas de tuna.

*Fuente:* Elaboración propia.

### **c) Obtención de la goma de hoja de tuna.**

Hay varias formas de extraer la goma de tuna; dejando en agua durante 20 a 25 días hasta que se convierta en goma, o partiéndolo por mitad y extraerlo para luego licuarlo y convertirlo en una goma pegajosa, de estos dos métodos el segundo es más trabajoso pero se realiza en menor tiempo que el primero.

Para la obtención de la goma de tuna para este proyecto, se cortarán las hojas en tiras con un aproximado de 30 mm de espesor con la ayuda de un cuchillo y guantes.



*Fotografía 4.* Corte de hojas de tuna.

*Fuente:* Elaboración propia.

Luego se procede a remojarlas hasta que queden cubiertas totalmente por el agua para poder así obtener el material gomoso. En este caso se dejó en agua durante 01 mes.



*Fotografía 5.* Remojo de las hojas de tuna.

*Fuente:* Elaboración propia.

Una vez pasado los 30 días el resultado es que la pulpa se disuelve, lo cual hace que se obtenga un líquido viscoso de color verde y con un fuerte olor a materia orgánica.



*Fotografía 6.* Líquido viscoso de goma de tuna.

*Fuente:* Elaboración propia.

Para obtener solamente la goma, se procedió a tamizarlo mediante una malla metálica, de esta forma se deja la cáscara y cualquier otro material sólido.



*Fotografía 7. Goma de tuna.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **d) Elaboración de adobes**

##### **- Estudio de Suelos**

Un estudio de suelos permite dar a conocer las características físicas y mecánicas del suelo, es decir la composición de los elementos en las capas del suelo.

- **Ensayo de granulometría**

Útil para determinar la distribución de tamaño de partículas del suelo. El ensayo se realizó en el Laboratorio de la USP.

**Equipos y herramientas utilizados:**

- Balanza.
- Serie de tamices.
- Taras.
- Cepillo.

**Procedimiento:**

- Se obtuvo una muestra representativa del suelo que es de 1,517.00 gr. Esta ha sido lavada y secada durante 24 horas en el horno y se obtuvo un peso nuevo de 1,454.00 gr.
- La muestra obtenida se hace pasar por una serie de tamices (21/2", 2", 11/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", #4, #10, #16, #20, #30, #40, #50, #60, #100, #200).
- La cantidad de muestra retenida en cada uno de los tamices se deposita en una tara por tamiz, que esta previamente pesado, luego se pesa cada tara nuevamente con la muestra retenida.
- Todo ello se realizó según lo estipulado en la NTP 400.012:2001.



*Fotografía 8.* Proceso del ensayo granulométrico.

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Contenido de Humedad**

Para el contenido de humedad se colocó la muestra en bolsa hermética para no alterar su humedad.

**Equipos y herramientas utilizados:**

- Balanza.
- Horno de secado.
- Tara.



**Procedimiento:**

- La muestra obtenida fue pesada, y luego secada en el horno durante 24 horas.
- Se extrajo la muestra y se dejó enfriar para luego ser pesado, obteniéndose un segundo peso y poder determinar el contenido de humedad.
- Todo ello se realizó según lo estipulado en la NTP 339.127:1998.



*Fotografía 9.* Proceso de secado de la muestra.

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Límites de Atterberg.**

El ensayo es útil para determinar el tipo de suelo conjuntamente con el ensayo de análisis granulométrico, en principio se realizan los ensayos de límite líquido y límite plástico, para luego poder determinar por medio de la diferencia el índice plástico. Todo ello se realizó según lo estipulado en la NTP 339.129:1999.



*Fotografía 10.* Proceso del ensayo para determinar los límites.

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Ensayo de Proctor.**

Es necesario que el material esté seco, y de esa forma proceder con la compactación de la muestra patrón, así como con los experimentales en porcentajes de 5%, 10% y 15%, en 3 capas con 25 golpes por cada capa.

- Se procede a pesar los cilindros, luego se tamiza la muestra de suelo con el tamiz N°4, lo cual permite eliminar cualquier otro tipo de materia orgánica.
- Se procede a verter en un recipiente el material pasante de dicho tamiz para poder pesarlo.
- Todo ello se realiza según lo estipulado en la NTP 339.142:1999.



*Fotografía 11.* Obtención de la muestra que pasa el tamiz N° 4.

*Fuente:* Elaboración propia.

- Colocamos la muestra obtenida en un recipiente para poder saturarlo hasta obtener un porcentaje óptimo.



*Fotografía 12.* Llenado de agua en la probeta para verterlo en la muestra.

*Fuente:* Elaboración propia.



*Fotografía 13.* Proceso de preparación del material añadiendo agua.

*Fuente:* Elaboración propia.



*Fotografía 14.* Proceso de compactación de Proctor standard.

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Diseño experimental.**

De acuerdo a la obtención de la clasificación se suelos y conforme a la norma, se fabricaron los adobes con el Proctor obtenido.

- **Fabricación de adobes.**

Ya que se necesita de un gran espacio para la fabricación de los adobes, el lugar para realizar este trabajo fue en mi casa con ubicación en el barrio de Shancayán, distrito de Independencia, provincia de Huaraz.

Teniendo en cuenta todos los datos obtenidos anteriormente, se elaboró 64 adobes, entre la muestra patrón y en porcentajes de 5%, 10% y 15% de goma de tuna. Para la elaboración de los adobes necesario retirar las piedras mayores a 5mm, por ello se realizó el tamizado correspondiente.



*Fotografía 15.* Cernido de la tierra.

*Fuente:* Elaboración propia.

Luego de haber cernido la tierra, se procedió a preparar la mezcla con la cantidad de agua correspondiente obtenida del ensayo de Proctor standard.



*Fotografía 16.* Mezclado de tierra con la goma de tuna.

*Fuente:* Elaboración propia.

Estando lista la mezcla, se utilizó una máquina que ayudó a compactar los adobes.



*Fotografía 17.* Elaboración de adobe compactado.

*Fuente:* Elaboración propia.

Teniendo todos los adobes, se procedió a tenderlos para su respectivo secado bajo sombra por un lapso de 30 días.



*Fotografía 18.* Tendido de adobes para su secado.

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Ensayos a los adobes compactados.**

- **Ensayo a compresión.**

En ingeniería, éste es un ensayo técnico para determinar la resistencia de un material o su deformación ante un esfuerzo de compresión. Este ensayo se realizó en el laboratorio de la Universidad San Pedro con la máquina para ensayo a compresión.

Se ensayaron 10 adobes de muestra patrón, 10 adobes con 5% de goma de tuna, 10 adobes con 10% de goma de tuna y 10 adobes con 15% de goma de tuna, haciendo un total de 40 muestras. Esto según lo especificado en la norma E-080.



*Fotografía 19.* Acondicionamiento de la máquina para el ensayo a compresión.

*Fuente:* Elaboración propia.



*Fotografía 20.* Colocación del bloque de adobe.

*Fuente:* Elaboración propia.





*Fotografía 21.* Ensayo a compresión.

*Fuente:* Elaboración propia.

- **Ensayo de Absorción.**

Es el incremento en la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca. Este ensayo se determina luego de que la muestra haya estado sumergido 24 horas en un recipiente con agua.

Se ensayaron 6 adobes de muestra patrón, 6 adobes con 5% de goma de tuna, 6 adobes con 10% de goma de tuna y 6 adobes con 15% de goma de tuna, haciendo un total de 24 muestras. Esto según lo especificado en la norma ASTM C-67.



*Fotografía 22. Adobes a sumergir.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Fotografía 23. Pesado de los adobes.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **2.4.2. Proceso y análisis de la información.**

El análisis de la información obtenida en el laboratorio se hará en el programa Excel.

El análisis se realizará con tablas, gráficos y medidas estadísticas.

## Capítulo III. Resultados

### 3.1. Resultados de los ensayos para clasificación del suelo

#### 3.1.1. Análisis Granulométrico.

Del ensayo de granulometría se obtuvo:

Porcentaje que pasa la malla N° 4 = 95.8%

Más del 12% pasa la malla N° 200 = 41.6%

Entonces podemos afirmar que el suelo es el indicado 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.

Y para poder clasificarlo, de acuerdo al gráfico de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, contando con que 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 5

Análisis granulométrico.

TAMIZ	AASHTO (mm)	PESO RETENID	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULAD	PORCENTAJE QUE PASA
1/4"	6.325	7.0	0.5	0.5	99.5
N° 4	4.760	56.0	3.7	4.2	95.8
N° 10	2.000	236.0	15.6	19.7	80.3
N° 16	1.190	134.0	8.8	28.5	71.5
N° 20	0.840	68.0	4.5	33.0	67.0
N° 30	0.600	74.0	4.9	37.9	62.1
N° 40	0.420	93.0	6.1	44.0	56.0
N° 50	0.300	26.0	1.7	45.7	54.3
N° 60	0.250	32.0	2.1	47.9	52.1
N° 100	0.150	92.0	6.1	53.9	46.0
N° 200	0.075	68.0	4.5	58.4	41.6
< N° 200		631.0	41.6	100.0	0.0
TOTAL		1517.0			

Fuente: Elaboración propia.

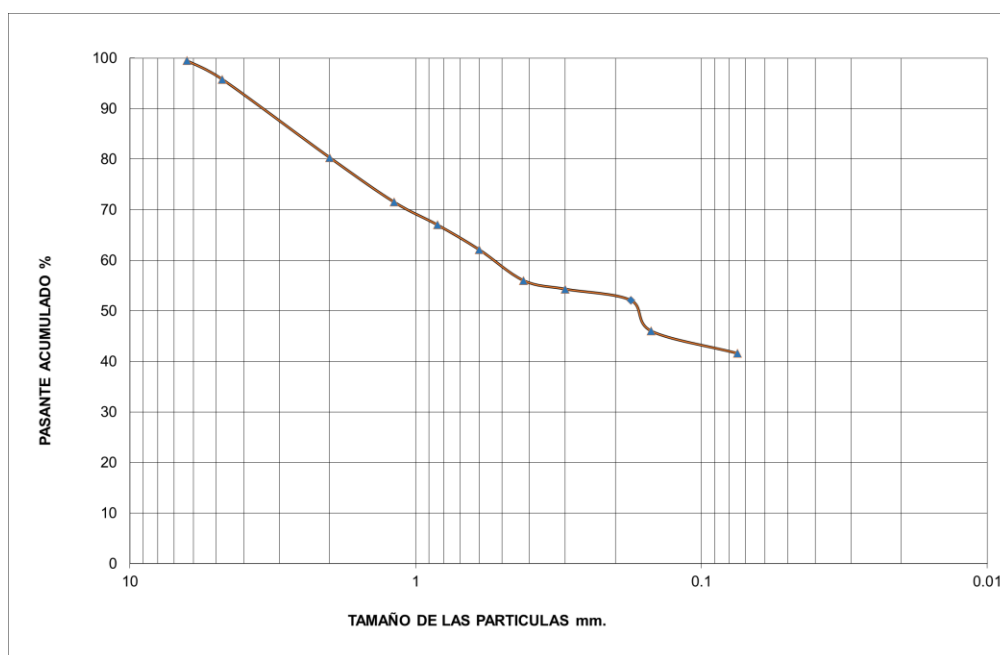


Gráfico 4. Curva de distribución granulométrica.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.2. Contenido de humedad.

De acuerdo al resultado, se obtiene que el contenido de humedad es de 8.7%.

*Tabla 6*

Porcentaje de contenido de humedad.

N° MUESTRA		1	2	3	4
N° DE TARA		19	7	21	11
PESO TARA + SUELO HÚMEDO	A	528	596	633	569
PESO TARA + SUELO SECO	B	489	550	595	523
PESO TARA	C	47	39	51	62
PESO AGUA	$D = A - B$	39	46	38	46
PESO SUELO SECO, $W_s$	$E = B - C$	442	511	544	461
PORCENTAJE DE HUMEDAD	$(D/E) *$	8.82	9.00	6.99	9.98
	100				
<b>w =</b>	<b>8.70%</b>				

*Fuente:* Elaboración propia.

### 3.1.3. Límites de Atterberg.

#### 3.1.3.1. Límite líquido.

Del ensayo de laboratorio para determinar el límite líquido se obtuvo:

Límite Líquido = 28.96%

#### 3.1.3.2. Límite plástico.

Límite plástico = 20.55%

#### 3.1.3.3. Índice de plasticidad.

Índice de plasticidad = 8.41%

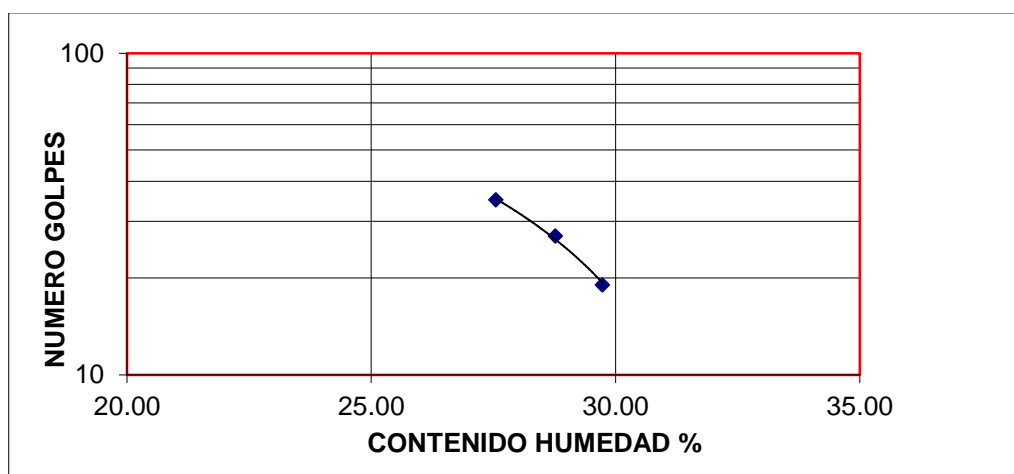


Gráfico 5. Límites de consistencia.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.4. Proctor Standard.

Es necesario para determinar la cantidad de agua necesaria a utilizar para la elaboración de los adobes.

Tabla 7

Proctor Standard para el adobe patrón.

<b>VOLUMEN DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) : 919</b>	<b>PESO DEL MOLDE (gr) : 4,004.00</b>			
<b>NÚMERO DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO + MOLDE</b>	5879.0	5979.0	6087.0	6019.0
<b>PESO SUELO HUMEDO</b>	1875.0	1975.0	2083.0	2015.0
<b>COMPACTADO</b>				
<b>PESO VOLUMÉTRICO HÚMEDO</b>	2.040	2.149	2.267	2.190

<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>46</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>	913.20	916.60	899.00	920.50
<b>PESO SUELO SECO + TARA</b>	850.50	840.10	813.50	821.00
<b>PESO DE LA TARA</b>	169.00	164.10	165.50	175.50
<b>PESO DEL AGUA</b>	62.70	76.50	85.50	99.50
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	681.50	676.00	648.00	645.50
<b>CONTENIDO DE AGUA %</b>	9.20	11.32	13.19	15.41
<b>PESO VOLUMETRICICO SECO</b>	1.87	1.93	2.00	1.90
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.006 gr/cc</b>	<b>HUMEDAD ÓPTIMA: 13.5 %</b>			

Fuente: Elaboración propia.



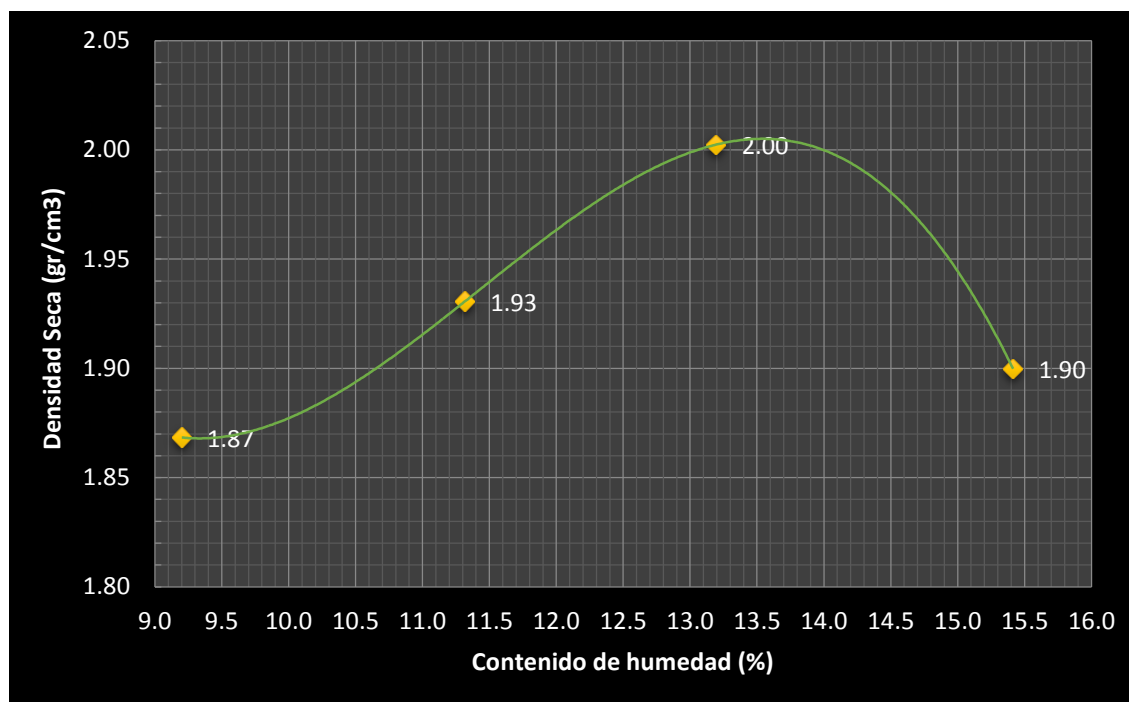


Gráfico 6. Proctor Standard del adobe patrón.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Proctor Standard para el adobe con 5% de goma de tuna.

<b>VOLUMEN DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) : 919    PESO DEL MOLDE (gr) 4,004.00</b>				
:				
<b>NÚMERO DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO + MOLDE</b>	5936.0	6098.0	6074.0	6112.0
<b>PESO SUELO HUMEDO</b>	2136.0	1969.0	2075.0	2072.0
<b>COMPACTADO</b>				
<b>PESO VOLUMÉTRICO HÚMEDO</b>	2.324	2.143	2.258	2.250

RECIPIENTE N°	3	6	25	46
<b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>	895.00	911.00	872.80	851.30
<b>PESO SUELO SECO + TARA</b>	807.60	830.00	791.30	763.80
<b>PESO DE LA TARA</b>	169.00	164.10	165.50	175.50
<b>PESO DEL AGUA</b>	87.40	81.00	81.50	87.50
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	638.60	665.90	625.80	588.30
<b>CONTENIDO DE AGUA %</b>	13.69	12.16	13.02	14.87
<b>PESO VOLUMETRICO SECO</b>	2.04	1.91	2.00	1.96
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA: 2.05</b> gr/cc	<b>HUMEDAD ÓPTIMA: 13.95 %</b>			

Fuente: Elaboración propia.

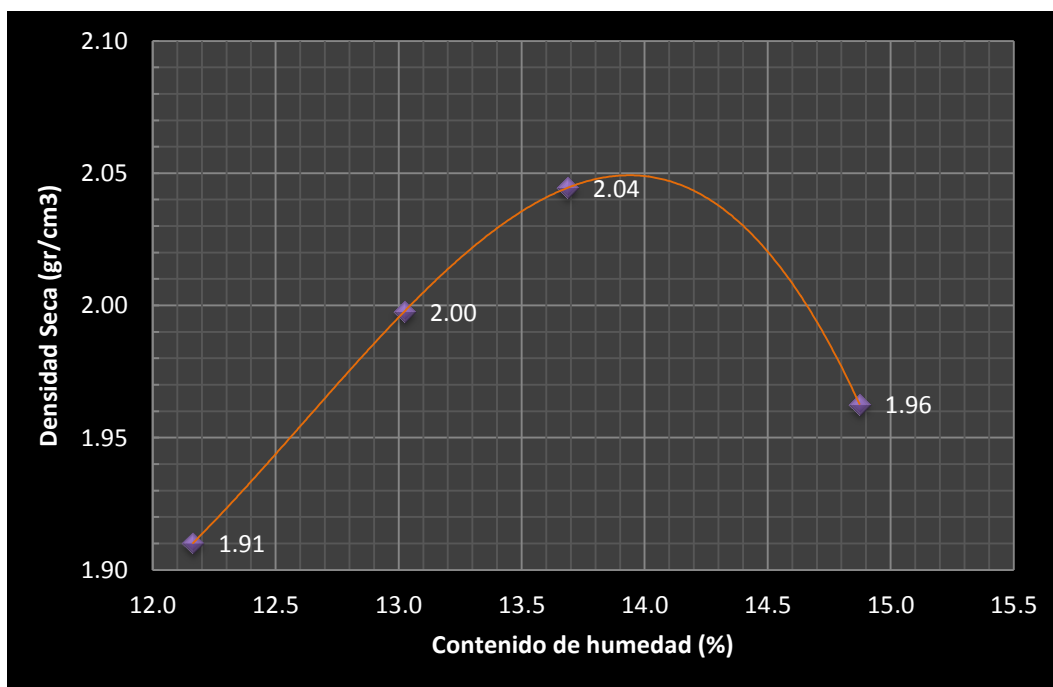


Gráfico 7. Proctor Standard del adobe con 5% de goma de tuna.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9

Proctor Standard para el adobe con 10% de goma de tuna.

<b>VOLUMEN DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) : 919    PESO DEL MOLDE    4,004.00</b>				
<b>(gr) :</b>				
<b>NÚMERO DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO + MOLDE</b>	6118.0	6267.0	6197.0	6314.0
<b>PESO SUELO HUMEDO</b>	2155.0	1990.0	2089.0	2072.0
<b>COMPACTADO</b>				
<b>PESO VOLUMÉTRICO HÚMEDO</b>	2.345	2.165	2.273	2.250

<b>RECIPIENTE N°</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>25</b>	<b>46</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>	895.00	911.00	872.80	851.30
<b>PESO SUELO SECO + TARA</b>	805.40	824.70	788.30	760.30
<b>PESO DE LA TARA</b>	169.00	164.10	165.50	175.50
<b>PESO DEL AGUA</b>	89.60	86.30	84.50	91.00
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	636.40	660.60	622.80	584.80
<b>CONTENIDO DE AGUA %</b>	14.08	13.06	13.57	15.56
<b>PESO VOLUMETRICO SECO</b>	2.06	1.92	2.00	1.95
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>	<b>HUMEDAD ÓPTIMA: 14.50%</b>			
<b>2.09gr/cc</b>				

Fuente: Elaboración propia.

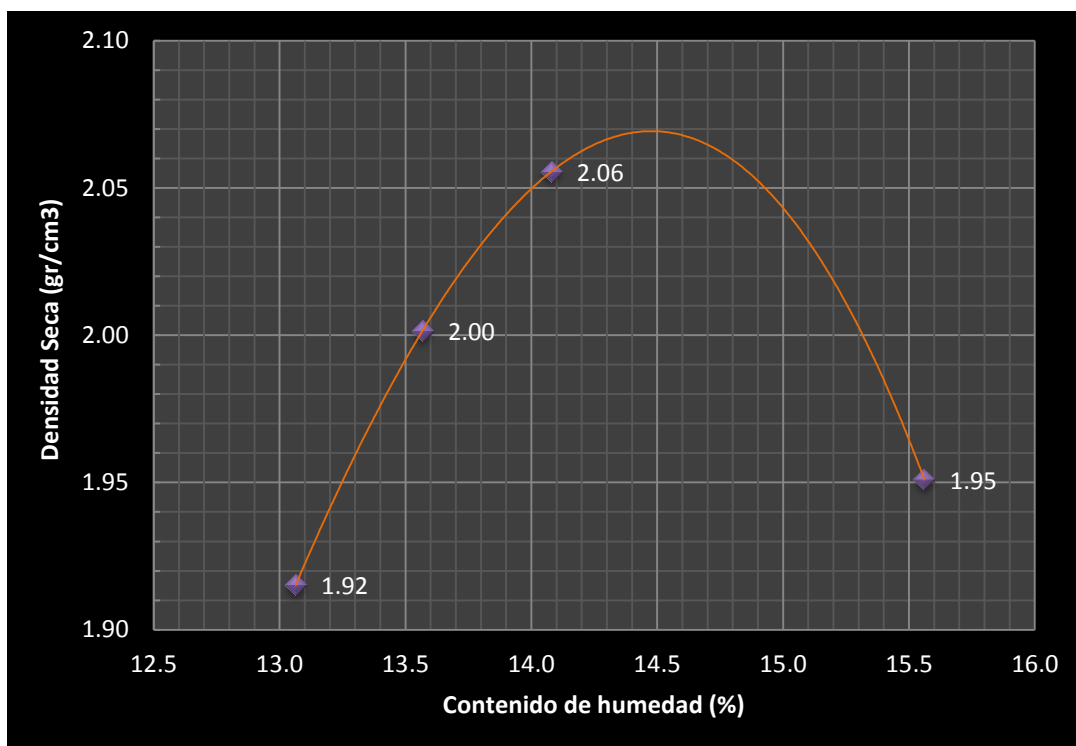


Gráfico 8. Proctor Standard del adobe con 10% de goma de tuna.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10

Proctor Standard para el adobe con 15% de goma de tuna.

<b>VOLUMEN DEL MOLDE (cm<sup>3</sup>) : 919    PESO DEL MOLDE (gr) 4,004.00</b>				
:				
<b>NÚMERO DE ENSAYOS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO + MOLDE</b>	5968.0	6016.0	5983.0	6127.0
<b>PESO SUELO HUMEDO</b>	2123.0	2031.0	2160.0	2073.0
<b>COMPACTADO</b>				
<b>PESO VOLUMÉTRICO HÚMEDO</b>	2.310	2.210	2.350	2.260

RECIPIENTE N°	3	6	25	46
<b>PESO SUELO HUMEDO + TARA</b>	863.00	871.00	857.00	848.00
<b>PESO SUELO SECO + TARA</b>	775.00	783.30	765.30	755.00
<b>PESO DE LA TARA</b>	169.00	164.10	165.50	175.50
<b>PESO DEL AGUA</b>	88.00	87.70	91.70	93.00
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	606.00	619.20	599.80	579.50
<b>CONTENIDO DE AGUA %</b>	14.52	14.16	15.29	16.05
<b>PESO VOLUMETRICO SECO</b>	2.02	1.94	2.04	1.94
<b>DENSIDAD MAXIMA SECA:</b>  2.02gr/cc	<b>HUMEDAD ÓPTIMA:</b> 14.96%			

Fuente: Elaboración propia.

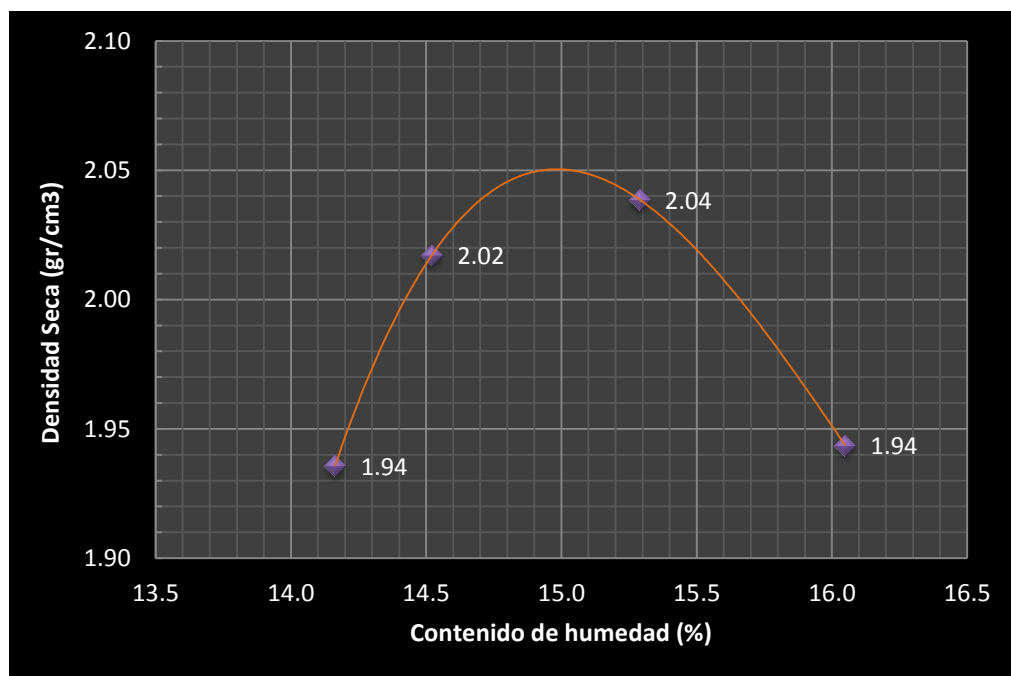


Gráfico 9. Proctor Standard del adobe con 15% de goma de tuna.

Fuente: Elaboración propia.

## 3.2. Resultados de los ensayos de los adobes

### 3.2.1. Ensayo de Resistencia a la compresión.

Tabla 11

Resistencia a la compresión.

MUESTRA N <sup>a</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F' c kg/cm <sup>2</sup> (Promedio)
<b>ADOBE</b>	20.2	19.4	18.9	20.4	19.2	20.5	19.8	19.6	19.2	18.2	<b>19.5</b>
<b>PATRÓN</b>											
<b>ADOBE CON</b>											
<b>5%</b>											
<b>DE GOMA DE</b>	21.9	22.4	22.6	21.6	21.8	22.7	21	21.9	22.8	22.9	<b>22.2</b>
<b>TUNA</b>											
<b>ADOBE CON</b>											
<b>10%</b>											
<b>DE GOMA DE</b>	26.5	25.2	26.3	25.8	26.4	25.3	26.8	25.3	26.3	25.8	<b>26.0</b>
<b>TUNA</b>											
<b>ADOBE CON</b>											
<b>15%</b>											
<b>DE GOMA DE</b>	27.9	28.5	27.2	28.9	28.5	29.4	27.3	28	28.6	29.2	<b>28.4</b>
<b>TUNA</b>											

Fuente: Elaboración propia.

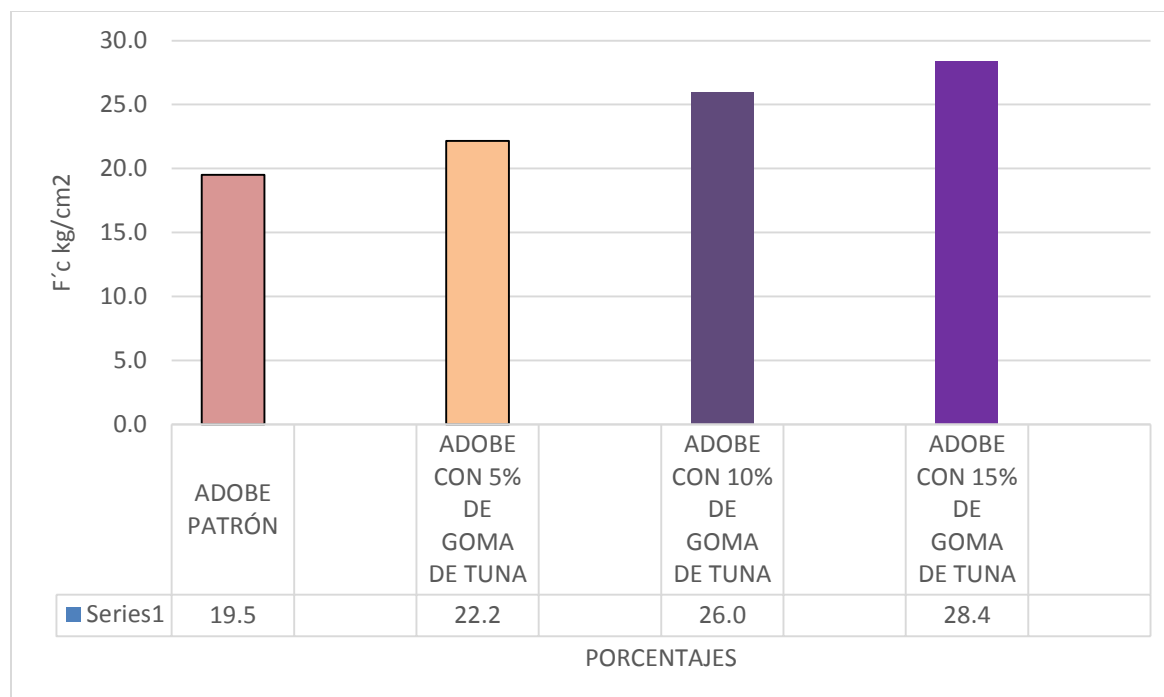


Gráfico 10. Representación del ensayo de Resistencia a la compresión.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12

Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias del adobe patrón y experimentales  $f'c=10.5 \text{ kg/cm}^2$

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Bloque	0.00	1	0.00	0.18	0.70	10.13
<b>Tipo de Adobe</b>	<b>92.16</b>	<b>3</b>	<b>30.72</b>	<b>1115.75</b>	<b>0.00</b>	<b>9.28</b>
Error	0.08	3	0.03			
Total	92.25	7				

Fuente: Elaboración propia

Al observar los valores de la Probabilidad ( $p = 0.00$ ) en la fila del tipo de adobe y el valor de F calculado mucho mayor que el Valor del F teórico, teniendo en cuenta como origen de las variaciones a la sustitución del agua por goma de tuna en 5%, 10% y 15% podemos concluir con un nivel de confianza del 95%, que las resistencias medias en  $\text{kg/cm}^2$  logradas por los adobes patrón y los adobes experimentales tienen diferencias significativas estadísticamente.

### 3.2.2. Ensayo de absorción.

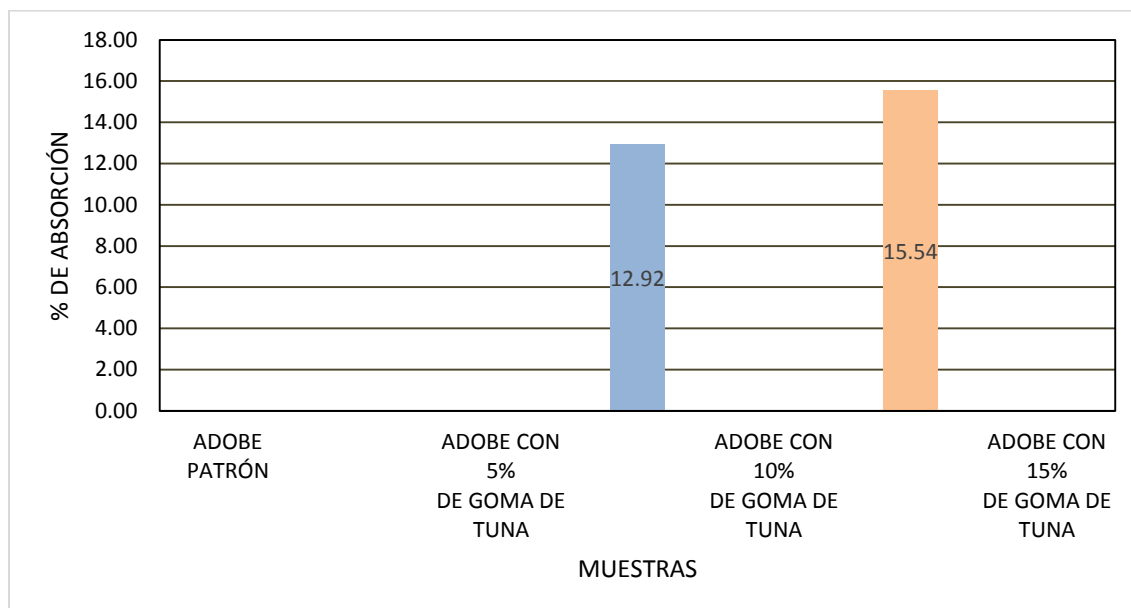
*Tabla 13*

Ensayo de absorción.

MUESTRA	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA %
ADOBE PATRÓN	NO RESISTE EL ENSAYO
ADOBE CON 5% DE GOMA DE TUNA	NO RESISTE EL ENSAYO
ADOBE CON 10% DE GOMA DE TUNA	12.92
ADOBE CON 15% DE GOMA DE TUNA	15.54

*Fuente:* Elaboración propia.





*Gráfico 11.* Representación del ensayo de absorción.

*Fuente:* Elaboración propia.

## Capítulo IV. Análisis y discusión

### 4.1. Resistencia a la compresion

En el ensayo realizado del adobe patrón y los adobes con adiciones de goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15% se obtuvieron resultados que superaron el valor mínimo de 10.2 kg/cm<sup>2</sup> que indica la norma E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA.

Los valores obtenidos de este ensayo como son; de la muestra del adobe patrón con una resistencia de 19.5 kg/cm<sup>2</sup>, del adobe con 5% de goma de tuna con una resistencia de 22.2 kg/cm<sup>2</sup>, del adobe con 10% de goma de tuna con una resistencia de 26.0 kg/cm<sup>2</sup>, y del adobe con 15% de goma de tuna con una resistencia de 28.4 kg/cm<sup>2</sup>.

Estos resultados demuestran la hipótesis inicial; que al adicionar cierto porcentaje de goma de tuna, la resistencia del adobe puede ser superada. Esto, debido a que la goma de tuna se enlaza con los limos y arenas para mantenerlos unidos, además también de que la goma posee calcio, el cual es considerado como uno de los mejores estabilizantes por consolidación, debido a que liga las partículas del suelo, aumentando su resistencia al esfuerzo de compresión.

También la goma de tuna funciona como impermeabilizante, el cual aísla el exceso de agua y actúa como capa sobre las arcillas, regulando el paso del agua.

#### **4.2. Ensayo a la absorción de agua**

De los adobes patron y de los adobes con gomas de tuna, solo soportaron las 24 horas de estyar sumergidos los adobes con 10% y 15% de goma de tuna. Teniendo una baja resistencia de los adobes patrón y adobe con 5% de goma de tuna, los cuales se desmoronaron antes de las 24 horas que establece la norma.

## Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

### 5.1. Conclusiones

- El objetivo principal de esta tesis era abordar las complicaciones y/o dificultades respecto a las propiedades de compresión y absorción de un adobe, y aportar una opción la cual ayude a que las construcciones sean un poco más seguras y eficientes.
- El suelo utilizado se clasifica de acuerdo a SUCS es una Arena Arcillosa (SC).
- Se determinó la resistencia a compresión de los adobes compactados, cuyo valor de muestra es de  $19.5 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que los valores obtenidos con la goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15% son de,  $22.2 \text{ kg/cm}^2$ ,  $26.0 \text{ kg/cm}^2$ ,  $28.4 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente. Cuyos valores superan a lo indicado en la norma E-080.
- Se determinó el ensayo de absorción de los adobes compactados, el adobe patrón no resistió el ensayo, con la goma de tuna en porcentaje de 5% no resistió el ensayo y con porcentajes de 10% y 15%, los resultados obtenidos son de 12.92% y 15.54% respectivamente.
- En esta tesis ha quedado demostrado que la utilización de goma de tuna en la elaboración de adobes compactados ayuda a mejorar la resistencia significativamente,; así mismo que el adobe compactado puede soportar cierta humedad sin afectar gravemente los adobes.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a futuros estudiantes que tengan interés por el proyecto, la complementación de este aditivo en el uso de la tierra ya que aún este material es muy usado dentro de nuestra comunidad.
- Incluir más propuestas para cubrir las necesidades de la población que en la actualidad tiene este material como construcción.
- Continuar desarrollando investigaciones dirigidas a conocer nuevas formas de mejorar los materiales para una mejor forma de construcción, así como a probar métodos de la utilización de los mismos.
- Promover la investigación en materiales que se puedan obtener fácilmente en la localidad.

## Capítulo VI. Referencias bibliográficas

Blondet, M., Villa, G., & Brzev, S. (2003). *Construcciones de Adobe Resistentes a los Terremotos*. Lima.

Bolaños, J. (2016) *Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con adición de goma de tuna*. Cajamarca.

Escudero, A. (2013) *Uso de la goma de tuna (opuntia ficus) como aglomerante natural para reducir las pérdidas de los finos en el lastrado de las carreteras vecinales*. Huaraz.

Casabonne, C. (2005). *Albañilería Estructural*. Lima, Perú: Fondo Editorial.

Gonzalo, V. (2012). *Morteros de barro estabilizados con fibras de paja, esparto y sisal para su uso como revestimientos*. Madrid.

Houben, H., & Guillaud, H. (1994). *Construction – A Comprehensive Guide*. London, France: Intermediate Technology Publications.

Morales, V., Ortiz, M., Y Alavéz, R. (2007). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe compactado*. México.

Norma ASTM C-67. (s.f.). *Norma de método de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales*. Estados Unidos: ASTM INTERNATIONAL.

Norma Técnica E.080. *Diseño y Construcción con Tierra Reforzada. Reglamento Nacional de Edificaciones*.

NTP 339.127:1998. Suelos. *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. Lima, Perú: 1° Edición.

NTP 339.129, (1999). *Suelos. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. Lima, Perú: 1° Edición.

NTP 339.142 (1999). *Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar*. Lima, Perú.

NTP 400.012, (2001). *Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: 2° Edición.

Ríos, E. (2010). *Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado*. Oaxaca.

Rubiños, A. (2009). *Propuesta de Reconstrucción Post-Terremoto de viviendas de adobe reforzado*. Lima.

Sánchez, K. (2010). *Propuesta de aditivos naturales y microfibras de papel para reparar fisuras en muros de monumentos históricos de tierra*. Lima.



### **Dedicatoria**

Dedico esta tesis en forma especial a mis padres, quienes siempre fueron mi motor y motivo para superar los obstáculos de la vida, y quienes me impulsaron día a día para seguir creciendo, tanto en el ámbito personal como profesional, pues gracias a su tenacidad y lucha incansable han sido, para mí y mis hermanas, el mejor ejemplo a seguir.

### **Agradecimientos**

Agradezco de manera muy especial a mis hermanas, por brindarme su apoyo incondicional cuando más lo necesité.

Agradezco también a esa persona tan especial que está siempre conmigo a mi lado, y que además de ser mi pareja, es mi amigo, mi compañero y la persona con la que deseo compartir mis días.

Y por último, agradezco de corazón a todas las personas que me brindaron su consejo y amistad en todo momento para yo lograr ser una mejor persona.

## Capítulo VII. Anexos