

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**Aplicación de la savia de nopal como  
impermeabilizador en construcciones de adobe en el  
barrio Cecilio Limaymanta de Tarma – Junín**

**TESIS PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

Viridiana Stéfany Baldoce da Allca

**ASESOR**

Manuel Ismael Laurencio Luna

**Tarma, Perú**

2019

## **DEDICATORIA**

El actual trabajo de investigación es dedicado a Universitarios que buscan saber y profundizar conocimientos acerca de la importancia de la savia de nopal en la impermeabilización de adobes de arcilla y arena.

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios** Por guiar mis pasos, por ser el dueño de mi vida y permitirme alcanzar mis metas.

**A mis Padres** por aconsejarme e impulsarme a continuar en el camino correcto, por darme la oportunidad de ser profesional, por creer en mí dándome la mejor formación para confrontar los retos de la vida, por el cariño y el soporte que me brindan incondicionalmente.

**Al Asesor Ing.** Laurencio Luna Manuel Ismael por su asesoría y apoyo incondicional y principalmente por mostrarme el camino que debo seguir para alcanzar mis metas.

**A mis Amigos** quienes siempre me brindan su apoyo y amistad incondicional.

## RESUMEN

El objetivo de la investigación titulada: *“Aplicación de la savia de nopal como impermeabilizador en construcciones de adobe en el Barrio Cecilio Limaymanta de Tarma – Junín”*, consistió en impermeabilizar construcciones de adobe con la inserción de la savia de nopal gracias a las propiedades impermeabilizantes que presenta mencionada planta. Para el respectivo desarrollo de la investigación se realizó bloques de adobe de dimensiones 30x15x10 cm con la inserción de la savia de nopal en diferentes porcentajes de adición de 3%, 5%, 7% y 9%. Y con ello obtener bloques de adobes que resistan a la humedad y al agua con la finalidad de atenuar la alta vulnerabilidad de los adobes ante la exposición del agua (lluvias, y/o agentes atmosféricos).

Los bloques de adobes fueron elaborados con tierra, paja, agua y la inserción de la savia de nopal, pues el diseño de mezcla para el adobe se efectuó con respecto a los parámetros establecidos en la Norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones, asimismo se realizó ensayos de campo y de laboratorio.

Los ensayos realizados en campo consistieron en pruebas de selección como: PRUEBA GRANULOMETRICA (Prueba de la botella), PRUEBA DE PLASTICIDAD (Prueba del rollo), PRUEBA DE RESISTENCIA (Prueba de la bolita seca), de esta manera se evaluó el tipo de tierra a utilizar para elaborar los bloques de adobe, en cuanto a los ensayos realizados en el laboratorio fueron de Erosión Acelerada, el ensayo de Absorción, ensayo granulométrico del suelo, ensayo del peso específico del suelo, ensayo de límite líquido y el ensayo de límite plástico. Los bloques de adobes se dejaron secar por 30 días, debido a que en la primera semana los adobes estaban secos se procedió a realizar el primer ensayo que fue el de Absorción en los adobes con la adición de savia en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9% todas ellas sumergidas en agua por un periodo de tiempo de 6, 12, 18 y 24 horas, a las dos semanas, es decir a los 14 días se realizó de Erosión Acelerada.

De acuerdo a los resultados de los ensayos de Absorción y Erosión Acelerada se observó que los adobes estabilizados con la inserción de la savia en porcentajes de 7% y 9% tuvieron menor capacidad de absorción frente a un adobe tradicional, las cuales se desintegraron totalmente, lo mismo ocurrió con los adobes con menor porcentaje de savia como las de 3% y 5%. Y es así que se consiguió que los mejores valores obtenidos son

para los bloques con la inserción de 7% y 9% de savia con una absorción de 1.37% a 3.98%, es decir el adobe estabilizado tiene mayor resistencia a absorción frente a un adobe tradicional y común que conocemos.

**PALABRA CLAVES:** Savia de nopal, Adobe, Resistencia a Absorción, Erosión, Estabilizado, Adobe Tradicional.

## ABSTRACT

The objective of the investigation titled: “Application of the nopal sap as waterproofer in adobe constructions in the Cecilio Limaymanta neighborhood of Tarma - Junín”, consisted of waterproofing adobe constructions with the insertion of the nopal sap thanks to the waterproofing properties that presents mentioned plant. For the respective development of the research, adobe blocks of dimensions 30x15x10 cm were made with the insertion of the nopal sap in different percentages of addition of 3%, 5%, 7% and 9%. And with this, obtain adobe blocks that resist humidity and water in order to mitigate the high vulnerability of adobes to exposure to water (rain, and / or atmospheric agents).

The adobe blocks were made with earth, straw, water and the insert of the nopal sap, since the mix design for the adobe was carried out with respect to the parameters established in Standard E.080 of the National Building Regulations, also field and laboratory tests were carried out.

The field tests consisted of selection tests such as: GRANULOMETRIC TEST (Bottle test), PLASTICITY TEST (Roll test), RESISTANCE TEST (Dry pellet test), in this way the type of soil was evaluated to be used to make the adobe blocks, regarding the tests carried out in the laboratory were Accelerated Erosion, the Absorption test, soil particle size test, soil specific gravity test, liquid limit test and the plastic limit test . The adobe blocks were left to dry for 30 days, because in the first week the adobes were dry, the first test was carried out, which was the Absorption in adobes with the addition of sap in percentages of 3%, 5% , 7% and 9% all of them submerged in water for a period of 6, 12, 18 and 24 hours, at two weeks, that is, at 14 days, Accelerated Erosion was performed.

According to the results of the Accelerated Absorption and Erosion tests, it was observed that the adobes stabilized with the insertion of the sap in percentages of 7% and 9% had a lower absorption capacity compared to a traditional adobe, which completely disintegrated, The same happened with adobes with a lower percentage of sap such as 3% and 5%. And so it was achieved that the best values obtained are for blocks with the insertion of 7% and 9% of sap with an absorption of 1.37% to 3.98%, that is, stabilized adobe has greater resistance to absorption compared to adobe. traditional and common that we know.

KEY WORD: Prickly pear sap, Adobe, Resistance to Absorption, Erosion, Stabilized, Traditional Adobe.

# ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xix
Capítulo I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Descripción del problema.....	1
1.2. Formulación del problema.....	4
1.2.1. Problema principal.....	4
1.2.2. Problemas secundarios.....	4
1.3. Objetivos de la Investigación.....	4
1.3.1. Objetivo principal.....	4
1.3.2. Objetivos secundarios.....	4
1.4. Justificación e importancia de la investigación.....	5
1.5. Delimitación del área de investigación.....	6
1.5.1. Delimitación espacial.....	6
1.5.2. Delimitación temporal.....	6
1.6. Limitaciones del área de investigación.....	7
Capítulo II.....	8
Marco teórico.....	8
2.1. Antecedentes nacionales e internacionales.....	8
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes internacionales.....	12
2.2. Bases teóricas.....	15
2.2.1. Adobe.....	15
2.2.1.1. Definición:.....	15
2.2.1.2. Composición del adobe.....	17
2.2.1.2.1. Suelo (Tierra).....	17
2.2.1.2.2. Paja.....	20



2.2.1.2.3.	Agua.....	21
2.2.1.3.	Características del adobe .....	22
2.2.1.4.	Clasificación del adobe.....	23
2.2.1.5.	Materiales para su elaboración .....	23
2.2.1.6.	Herramientas para la elaboración del adobe.....	24
2.2.1.7.	Propiedades del adobe .....	25
2.2.1.7.1.	Aislante térmico .....	25
2.2.1.7.2.	Aislante sonoro .....	25
2.2.1.7.3.	Ahorro energético en climatización .....	26
2.2.1.7.4.	Reductores de impacto ambiental .....	26
2.2.1.7.5.	Regenerativos.....	26
2.2.1.7.6.	Resistencia del material .....	27
2.2.1.7.7.	Resistentes al fuego .....	27
2.2.1.7.8.	Densidad del adobe .....	27
2.2.1.7.9.	Resistencia a la compresión del adobe .....	27
2.2.1.8.	Cualidades del adobe .....	28
2.2.1.8.1.	Ventajas: .....	28
2.2.1.8.2.	Desventajas: .....	28
2.2.1.9.	Recomendaciones para su elaboración .....	29
2.2.1.10.	Requisitos generales de una unidad de adobe .....	29
2.2.1.11.	Formas y dimensiones de una unidad de adobe .....	29
2.2.1.12.	Proceso de fabricación de adobes.....	30
2.2.1.12.1.	Selección de la tierra:.....	30
2.2.1.12.1.1.	Suelos apropiados:.....	30
2.2.1.12.1.2.	Pruebas de selección de la tierra: .....	31
2.2.1.13.	Elaboración del adobe .....	34
2.2.1.13.1.	Dimensiones del adobe: .....	34
2.2.1.13.2.	Preparación de la mezcla de barro: .....	36
2.2.1.13.3.	Mezclado de los componentes del adobe.....	36
2.2.1.13.4.	Amoldamiento de la mezcla .....	37
2.2.1.13.5.	Secado y tendido de adobes .....	38
2.2.1.13.6.	Control de calidad en adobes .....	39
2.2.1.14.	Clasificación de suelos .....	40
2.2.2.	Nopal .....	44
2.2.2.1.	Definición .....	44

2.2.2.2.	Hábitat .....	46
2.2.2.3.	Producción de la tuna y/o nopal .....	47
2.2.2.4.	Características morfológicas .....	48
2.2.2.4.1.	El tallo.....	48
2.2.2.4.2.	Cladodios .....	49
2.2.2.4.3.	Hojas .....	50
2.2.2.4.4.	Flores .....	51
2.2.2.4.5.	Fruto.....	51
2.2.2.5.	Usos del Nopal .....	52
2.2.2.5.1.	Usos en la construcción .....	53
2.2.2.6.	Savia de Nopal.....	54
2.2.2.6.1.	Métodos de extracción .....	56
2.3.	Definición de términos básicos .....	57
Capítulo III	.....	58
Hipótesis y variables de la investigación.....		58
3.1.	Hipótesis principal .....	58
3.2.	Hipótesis secundarias.....	58
3.3.	Variables e indicadores .....	58
3.4.	Operacionalización de variables .....	59
Capítulo IV	.....	61
Diseño de investigación.....		61
4.1.	Diseño de ingeniería .....	61
4.2.	Métodos y técnicas del proyecto.....	64
4.3.	Diseño estadístico .....	64
4.4.	Técnicas y herramientas estadísticas .....	66
Capítulo V	.....	74
Desarrollo Experimental.....		74
5.1.	Pruebas y ensayos .....	74
5.1.1.	Pruebas de campo.....	74
5.1.1.1.	Pruebas de selección de la tierra:.....	74
5.1.2.	Extracción de la savia de nopal.....	78
5.1.3.	Preparación de los testigos de adobes con la inserción de la savia de nopal en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%. .....	82
5.2.	Ensayos de laboratorio.....	87
5.2.1.	Ensayos de Granulometría .....	87

5.2.1.1.	Análisis granulométrico del suelo por tamizado .....	87
5.2.2.	Ensayos de contenido de humedad.....	94
5.2.3.	Límites de Atterberg.....	97
5.2.3.1.	Límite líquido .....	97
5.2.4.	Ensayo del límite plástico .....	102
5.2.4.1.	Índice de plasticidad (Ip) .....	104
5.2.5.	Ensayo de peso específico del suelo .....	104
5.2.6.	Ensayo de Absorción.....	107
5.2.7.	Ensayo de Erosión Acelerada en adobes.....	113
Capítulo VI.....		118
Análisis costo/beneficio.....		118
6.1.	Beneficios no financieros.....	118
6.2.	Evaluación del Impacto social y/o ambiental .....	118
6.3.	Evaluación Económica – Financiera.....	119
Capítulo VII.....		121
Resultados, conclusiones y recomendaciones .....		121
7.1.	Resultados.....	121
7.1.1.	Resultados de las pruebas en campo para determinar si el suelo es apto para su uso.....	121
7.1.2.	Resultados de los ensayos realizados en el laboratorio. ....	122
7.1.2.1.	Resultados del ensayo granulométrico de la tierra. ....	122
7.1.2.2.	Resultado del ensayo de contenido de humedad del suelo. ....	123
7.1.2.3.	Resultado del ensayo de Límite líquido y plástico. ....	123
7.1.2.4.	Resultado de la clasificación de suelos.....	124
7.1.2.5.	Resultados del ensayo de peso específico del suelo .....	125
7.1.2.6.	Resultados del ensayo de absorción en adobes.....	126
7.1.2.7.	Resultados del ensayo de Erosión Acelerada en adobes.....	130
7.2.	Conclusiones .....	136
7.3.	Recomendaciones .....	138
Referencias bibliográficas .....		139
Anexos .....		141
Resultados de los ensayos de laboratorio .....		141

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable dependiente .....	59
Tabla 2 Variable independiente .....	60
Tabla 3 Cuantificación del ensayo de Absorción .....	65
Tabla 4 Cuantificación del ensayo de Erosión Acelerada .....	65
Tabla 5 Formato del Ensayo en Campo para la selección del suelo.....	67
Tabla 6 Formato - Ensayo de Granulometría de suelo .....	68
Tabla 7 Formato - Ensayo de Limite líquido y limite plástico .....	69
Tabla 8 Formato - Ensayo de Peso específico y absorción del agregado fino .....	70
Tabla 9 Formato - Ensayo de Contenido de Humedad del suelo .....	71
Tabla 10 Formato - Ensayo de absorción en adobes .....	72
Tabla 11 Formato - Ensayo de Erosión Acelerada en adobes .....	73
Tabla 12 Cantidad de tierra a utilizar .....	82
Tabla 13 Cantidad de tierra .....	83
Tabla 14 Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 3% .....	84
Tabla 15 Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 5% .....	84
Tabla 16 Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 7% .....	84
Tabla 17 Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 9% .....	84
Tabla 18 Diámetro nominal de las partículas. ....	87
Tabla 19 Resultados de las pruebas de campo para la selección de la tierra.....	122
Tabla 20 Resultado del porcentaje de humedad del suelo.....	123
Tabla 21 Resultados del ensayo de límite líquido y plástico.....	123
Tabla 22 Resultados del ensayo de peso específico del suelo.....	125
Tabla 23 Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 0% de savia de nopal.....	126
Tabla 24 Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 3% de savia de nopal.....	126
Tabla 25 Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 5% de savia de nopal.....	127
Tabla 26 Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 7% de savia de nopal.....	128
Tabla 27 Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 9% de savia de nopal.....	128

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la provincia de Tarma (Fuente; Recuperado de Google).....	6
Figura 2. Elaboración del adobe (Fuente; propia, fotografía de la elaboración del adobe) .....	17
Figura 3. (a) suelo del barrio Cecilio Limaymanta, (b) calicata del barrio Cecilio Limaymanta (Fuente; Propia, fotografía de calicatas en el barrio periférico de la ciudad de Tarma).....	19
Figura 4. La paja (Fuente; Propia, fotografía de recolección de la paja) .....	21
Figura 5. Agua libre de materia orgánica, agua limpia (Fuente; Recuperado de Google) .....	22
Figura 6. Materiales para elaborar adobes a) tierra, b) paja, c) agua (Fuente; Propia, fotografía de los materiales para su elaboración) .....	24
Figura 7. Herramientas para elaborar adobes, a) Zaranda, b) Lampa, c) Plástico, d) Adobera (Fuente; Propia, fotografía de las herramientas).....	25
Figura 8. Adobes comerciales de 30x15x10 (Fuente; Propia, fotografía de los adobes elaborados y recuperado de Google). .....	30
Figura 9. Selección de la tierra (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	30
Figura 10. Prueba de la botella (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	31
Figura 11. Prueba de plasticidad (prueba del rollo) (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	33
Figura 12. Prueba de resistencia (prueba de la bolita seca) (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	34
Figura 13. Traslape horizontal en adobes (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	35
Figura 14. Dimensiones de la adobera (Fuente; Imagen recuperado de Google).....	35
Figura 15. Dimensiones de la adobera 30x15x10 (Fuente; Propia, fotografía de la adobera llena con la mezcla) .....	35
Figura 16. Mezclado de los componentes del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	36
Figura 17. Verificación de la humedad en la mezcla (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	37
Figura 18. Proceso de moldeo en la mezcla del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	37
Figura 19. Desmoldeo de la mezcla del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	38
Figura 20. Proceso de secado y almacenamiento del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	39
Figura 21. Unidades de adobes secos (Fuente; Propia, fotografía de las unidades de adobes ya secas).....	39
Figura 22. Proceso de control y calidad (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993) .....	40
Figura 23. Clasificación del Material granulares Aashto (Fuente; libro "Fundamentos de ingeniería geotecnia" de Braja M. Das (1985)) .....	41

Figura 24. Tipología de Suelos (SUCS) (Fuente; libro "Fundamentos de ingeniería geotecnia" de Braja M. Das (1985)) .....	42
Figura 25. Sistema Unificado de clasificación de Suelos (Fuente; libro "Fundamentos de ingeniería geotecnia" de Braja M. Das (1985)) .....	43
Figura 26. Extracción de los nopales (Fuente; Propia, fotografía de la extracción de los nopales).....	45
Figura 27. México considerado el primer productor a nivel mundial de nopales (Fuente; recuperado de Google).....	46
Figura 28. Los nopales (Fuente; recuperado de Google).....	47
Figura 29. México considerado el primer productor a nivel mundial de nopales (Fuente; recuperado de Google).....	48
Figura 30. El tallo del nopal (Fuente; recuperado de Google) .....	49
Figura 31. Medidas morfométricas del cladodio de nopal (Fuente; Propia, fotografía de las medidas del cladodio del nopal, a) largo, b) ancho) .....	50
Figura 32. Espinas de los cladodios de los nopales (Fuente; Propia, fotografías de los nopales donde se puede visualizar las espinas que tienen).....	50
Figura 33. Flores que crecen en los nopales (Fuente; recuperado de Google).....	51
Figura 34. Fruto de nopal, más conocido como la tuna (Fuente; recuperado de Google) .....	52
Figura 35. La savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía de la colación de las pencas de nopal donde se obtiene la savia) .....	55
Figura 36. Diseño de Ingeniería (Fuente; Elaboración Propia).....	63
Figura 37. Prueba granulométrica (prueba de la botella) (Fuente; propia, fotografía de la prueba de la botella que se realizó) .....	75
Figura 38. Prueba de plasticidad (prueba del rollo) (Fuente; Propia, fotografía de la prueba del rollo que se realizó) .....	76
Figura 39. Prueba de resistencia (prueba de la bolita seca) (Fuente; Propia, fotografía de la prueba de la bolita seca que se realizó) .....	77
Figura 40. Prueba de campo de la resistencia de la bolita seca (Fuente; Propia, fotografía de la prueba de la bolita seca que se realizó).....	77
Figura 41. Extracción de nopales y sacado de espinas para su posterior uso (Fuente; Propia, fotografía de la extracción de los nopales).....	78
Figura 42. Lavado de los nopales (Fuente; Propia, fotografía del lavado de los nopales) .....	78
Figura 43. Se pesa los nopales (Fuente; Propia, fotografía de peso obtenido de los nopales).....	79
Figura 44. Medidas del largo, ancho y espesor de los cladodios del nopal (Fuente; Propia, fotografía de las medidas morfométricas de los cladodios de los nopales) .....	79
Figura 45. Troceado de los nopales (Fuente; Propia, fotografía del troceado de las pencas en cuadrados).....	80
Figura 46. Almacenamiento de los nopales picados en un recipiente (Fuente; Propia, fotografía de las pencas de nopales almacenadas en un recipiente).....	80
Figura 47. Macerado del nopal (Fuente; Propia, fotografía del proceso de macerado del nopal para la obtención de la savia).....	81
Figura 48. Extracción de la savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía del filtrado y/o colación de las pencas de nopal macerado para la obtención de la savia de nopal).....	81

Figura 49. Ya extraído la savia de nopal se almacena en un recipiente para su posterior uso (Fuente; Propia, fotografía de la obtención de la savia) .....	82
Figura 50. Dosificación de la savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía de la savia) ...	83
Figura 51. Preparación del barro para un bloque de adobe (Fuente; Propia, fotografía del barro) .....	85
Figura 52. Mezclado de los componentes del adobe (Fuente; Propia, fotografía de la mezcla del adobe) .....	85
Figura 53. Proceso de moldeo de la mezcla (Fuente; Propia, fotografía del proceso de moldeo).....	86
Figura 54. Tendido y secado de los adobes (Fuente; Propia, fotografía de las unidades de adobes ya secas).....	86
Figura 55. Conjunto de mallas para el ensayo de granulometría (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotecnia” de Braja M. Das (2001)).....	88
Figura 56. Tamaños de Mallas estándar (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotecnia” de Braja M. Das (2001)) .....	88
Figura 57. Muestra de los tamices de zarandeo (Fuente; Propia, fotografía de los tamices de zarandeo).....	89
Figura 58. Cuarteo de la tierra a utilizar (Fuente; Propia, fotografía del cuarteo de la muestra en el laboratorio) .....	90
Figura 59. Lavado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del lavado de la muestra de la tierra a utilizar) .....	90
Figura 60. Lavado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del lavado de la muestra a tamizar).....	91
Figura 61. Peso de la muestra (Fuente; Propia, fotografía peso de la muestra a tamizar) .....	91
Figura 62. Secado de la muestra en el horno (Fuente; Propia, fotografía de la muestra que tiene que secar en el horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) .....	92
Figura 63. Muestra seca (Fuente; Propia, fotografía de la muestra secada en el horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).....	92
Figura 64. Muestra a tamizar (Fuente; Propia, fotografía de la muestra a tamizar).....	93
Figura 65. Tamizado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del tamizado de la muestra) .....	93
Figura 66. Muestra de cada material retenido en las diferentes mallas (Fuente; Propia, fotografía del tamizado de la muestra) .....	94
Figura 67. Cuarteo de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del cuarteo de la muestra) .....	95
Figura 68. Peso de la muestra húmeda (Fuente; Propia, fotografía del peso de la muestra) .....	95
Figura 69. Secado de la muestra en el horno (Fuente; Propia, fotografía del peso de la muestra) .....	96
Figura 70. Peso de la muestra seca (Fuente; Propia, fotografía del peso de la muestra seca).....	96
Figura 71. Límites de Atterberg (Fuente; Recuperado de “Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil” de Joseph Bowles).....	97
Figura 72. Materiales para realizar el ensayo del límite líquido (Fuente; Recuperado del manual de ensayos de laboratorio de suelos I de la Universidad Católica Sedes Sapientiae) .....	99

Figura 73. Cuchara de Casagrande (Fuente; Recuperado de “Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil” de Joseph Bowles).....	99
Figura 74. Muestra tamizada en la malla N°40 (Fuente; Propia, fotografía de la muestra que pasa la malla N°40) .....	100
Figura 75. Mezcla de la muestra fina con agua (Fuente; Propia, fotografía de la mezcla) .....	100
Figura 76. Colocación de la mezcla en la cazuela Casagrande (Fuente; Propia, fotografía de la muestra colocada en la cazuela Casagrande) .....	101
Figura 77. División de la muestra en la cazuela (Fuente; Propia, fotografía de la muestra dividida en la cazuela Casagrande) .....	101
Figura 78. Muestras del ensayo de limite líquido (Fuente; Propia, fotografía de las muestras del ensayo de limite líquido) .....	102
Figura 79. Enrollado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del ensayo del límite plástico) .....	103
Figura 80. Muestras del ensayo de limite plástico (Fuente; Propia, fotografía del ensayo del límite plástico) .....	103
Figura 81. Ensayo de limite plástico (Fuente; Propia, fotografía del ensayo de limite plástico realizado en el laboratorio).....	104
Figura 82. Toma de 500 g de tierra como muestra (Fuente; Propia, fotografía de la muestra húmeda).....	105
Figura 83. Peso de la muestra húmeda (Fuente; Propia, fotografía de la muestra húmeda) .....	105
Figura 84. Muestra seca dentro de la fiola (Fuente; Propia, fotografía de la muestra seca dentro de la fiola).....	106
Figura 85. Ensayo de Peso específico del suelo (Fuente; Propia, fotografía de la muestra seca dentro de la fiola).....	106
Figura 86. Pesos secos de los testigos de adobes (Fuente; Propia, fotografía del peso seco del adobe con la inserción de 9% de savia de nopal) .....	108
Figura 87. Colocación de los testigos de adobes en la bandeja (Fuente; Propia, fotografía de los testigos antes de ser sumergidas).....	108
Figura 88. Adobes sumergidos en agua (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua) .....	109
Figura 89. Sumergiendo los adobes en agua (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua) .....	109
Figura 90. Sumersión de los testigos por un periodo de 6 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 6 horas).....	110
Figura 91. Sumersión de los testigos por un periodo de 12 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 12 horas).....	110
Figura 92. Sumersión de los testigos por un periodo de 18 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 18 horas).....	111
Figura 93. Sumersión de los testigos por un periodo de 24 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 24 horas).....	111
Figura 94. Retirado de los testigos de adobes de la bandeja con agua (Fuente; Propia, fotografía del retiro de los testigos de la bandeja).....	112
Figura 95. Retiro de los testigos de la bandeja con agua (Fuente; Propia, fotografía del retiro de los testigos de la bandeja) .....	112



Figura 96. Peso del testigo saturado en agua (Fuente; Propia, fotografía del peso saturado en agua del testigo de adobe) .....	113
Figura 97. Equipo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET) (Fuente; Recuperado de norma UNE 41410:2008, Bloque de tierra comprimida para muros y tabiques” (2008)) .....	114
Figura 98. La construcción del equipo de Ensayo de Erosión Acelerada similar al de Swinburne (SAET) (Fuente; Propia, fotografía de la construcción del equipo del ensayo de Erosión Acelerada similar al de Swinburne (SAET)).....	115
Figura 99. Pesos secos de los testigos (Fuente; Propia, fotografía del peso seco del adobe con la inserción de 9% de savia de nopal) .....	116
Figura 100. Ensayo de Erosión Acelerada en adobes (Fuente; Propia, fotografía del Ensayo de Erosión Acelerada).....	116
Figura 101. Retiro del testigo de adobe del Equipo de Erosión Acelerada (Fuente; Propia, fotografía del retiro del testigo de adobe del equipo) .....	117
Figura 102. Tomas de las medidas de erosión que sufrió el testigo (Fuente; Propia, fotografía de la medida de erosión que sufrió un testigo de adobe) .....	117
Figura 103. Presupuesto de un bloque de adobe estabilizado con mayor porcentaje de inserción de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia) .....	119
Figura 104. El análisis de Costos Unitarios de un bloque de adobe estabilizado con savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia) .....	120
Figura 105. Curva granulométrica de suelo arenoso-arcilloso (Fuente; Elaboración Propia) .....	122
Figura 106. Cuadro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotecnia” de Braja M. Das (2001)).....	124
Figura 107. Cuadro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotecnia” de Braja M. Das (2001)).....	125
Figura 108. Bloque de adobe con mayor porcentaje de absorción (Fuente; Propia, fotografía del ensayo de absorción en adobes) .....	127
Figura 109. Ensayo de absorción en bloques de adobes con 0%, 3%, 5%, 7% y 9% de savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía del ensayo de absorción en adobes) .....	129
Figura 110. Curva de variación de los valores de absorción en adobes (Fuente; Elaboración Propia) .....	130
Figura 111. Resultados para adobes con 0% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia) .....	131
Figura 112. Bloque de adobe con 0% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 0% de savia de nopal) .....	131
Figura 113. Resultados para adobes con 3% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia) .....	132
Figura 114. Bloque de adobe con 3% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 3% de savia de nopal) .....	132
Figura 115. Resultados para adobes con 5% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia) .....	133
Figura 116. Bloque de adobe con 5% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 5% de savia de nopal) .....	133
Figura 117. Resultados para adobes con 7% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia) .....	134

Figura 118. Bloque de adobe con 7% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 7% de savia de nopal) .....	134
Figura 119. Resultados para adobes con 9% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia) .....	135
Figura 120. Bloque de adobe con 9% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 9% de savia de nopal) .....	135

## INTRODUCCIÓN

El adobe es uno de los materiales más usados en las construcciones, mayormente en las zonas rurales de nuestro país, una de las desventajas del adobe es la vulnerabilidad que presentan ante situaciones de exposición prolongada al agua, como pueden ser, causadas por las lluvias u otros agentes externos al que está expuesta.

Por esta razón surge el presente trabajo de investigación que tiene por objetivo aplicar la savia de la planta de nopal para impermeabilizar construcciones de adobe y con ello mejorar el diseño de la misma, de esta manera obtener el adobe estabilizado adicionada con un aditivo natural, el cual brindará el mejoramiento de sus propiedades físicas. Puesto que, la savia de la planta de nopal incrementa la firmeza del adobe ante la exposición del agua y otros agentes externos, dándole mayor estabilidad y tiempo de vida al adobe.

Por ello, este trabajo consiste en la elaboración de bloques de adobes simples-tradicionales, y bloques de adobe con la inserción de esta savia en la mezcla con diferentes porcentajes (3%, 5%, 7% y 9%), para enseguida realizar una comparación entre ellas.

Seguidamente, para el análisis y comparación de resistencia a la erosión, y la menor capacidad de absorción de humedad, se realizaron ensayos como: la de Erosión Acelerada y el ensayo de Absorción en adobes.

Los resultados que se consiguieron en los dos ensayos ya antes mencionada sirvieron para obtener la dosificación óptima de la inserción de la savia de nopal en la elaboración de los bloques de adobes, y de esta manera usarla como solución ante este gran problema de la humedad en los adobes.

Finalmente, se puede observar la mejora que obtiene un bloque de adobe adicionado con un porcentaje adecuado de savia de nopal, obteniéndose adobes con mayor resistencia a la erosión, y con menor capacidad de absorción.

Además, los materiales que se requiere para fabricar el adobe son fáciles de encontrar, y están al alcance de las manos de los pobladores de Tarma, sin gastar dinero alguno.

Este trabajo presenta los siguientes capítulos:

En el capítulo I, se desarrolla el planteamiento de la investigación, el problema, los objetivos, la justificación e importancia (teórico y metodológico), los alcances, delimitación (espacial y temporal) y limitaciones, que son las bases del presente trabajo.

En el capítulo II, se aborda los aspectos del marco teórico, los cuales se basan en los antecedentes de investigaciones nacionales e internacionales que profundizan el tema de la impermeabilización del adobe, las bases teóricas, y la definición de términos básicos de este trabajo.

En el capítulo III, se presenta la hipótesis principal y secundaria de la investigación, las variables e indicadores con su respectiva operacionalización de variables, donde se profundiza sus campos de estudio de cada variable. La investigación en el marco metodológico, se hace referencia sobre el diseño de investigación (tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos).

En el capítulo IV, trata sobre el diseño de la investigación, donde se presentan el diseño de Ingeniería, los métodos y técnicas del proyecto, el diseño estadístico, las técnicas y herramientas estadísticas.

En el capítulo V, trata sobre el desarrollo experimental de la investigación, las cuales se basan en los ensayos de campo y ensayos de laboratorio.

En el capítulo VI, se presentan los resultados, conclusiones y recomendaciones de estas, para lo cual se recopilaron fotografías de la actual situación de las construcciones de adobe, en el Barrio Cecilio Limaymanta en Tarma. Y finalmente se define las conclusiones y recomendaciones del actual trabajo.

## Capítulo I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción del problema.

Desde siempre en las grandes capitales del mundo, Cofirman, et al., (1990) citado en Ramirez (2016), declara que “alrededor del 30% de la población mundial vive en construcciones de tierra” (p.5). Por ello, Pacheco & Jalali (2012) citado en Ramirez (2016), mencionan que “el uso de la tierra como material de construcción para las nuevas edificaciones ha recibido mayor atención ultimamente debido a que presenta una serie de ventajas, principalmente desde un punto de vista de la sostenibilidad” (p.5). Blondet, et al., (2003) citado en Ramirez (2016), declara que “no obstante, las construcciones de tierra presentan problemas que limitan su utilización y complican la tarea de preservar estructuras existentes en la actualidad” (p.5).

En ese sentido, al igual que los movimientos sísmicos producidas por el medio ambiente, otro problema en las construcciones de adobe es la humedad, principalmente cuando éstas están expuestas al intemperie como por ejemplo: lluvias e inundaciones, es decir, el adobe es bastante vulnerable ante situaciones de exposición prolongada al agua, o sea la capacidad de absorción que presenta el adobe también es limitada, puesto que el agua desintegra la

union que existe entre las partículas que conforman el adobe, lo cual produce humedad (Cabrera & Huaynate, 2010).

Frente a ello cabe reiterar que Turquía es uno de los países que más utilizó este material para sus construcciones, cuando ocurrió el terremoto de Maden (Turquía) en el 2011, las estructuras de adobe (albañilería de tierra), fueron las que sufrieron mayor daño. Por ello la durabilidad es otro aspecto que se debe tener en cuenta cuando se decide construir con este material, principalmente cuando se considera la resistencia del adobe al estar en contacto con el agua, pues esta hace que el suelo erosione y que la humedad reduzca la resistencia de la estructura; dado que el adobe es considerado un material anisotrópico, frágil y de poca resistencia a esfuerzos, lo que hace que este tipo de construcciones sean mayormente vulnerables a movimientos telúricos. (Ramírez J. , Estudio de las propiedades mecánicas y físicas del adobe con biopolímeros de fuentes locales, 2016)

Por ende, en las regiones del Perú, especialmente en las zonas rurales existe una gran cantidad de construcciones de adobe siendo aproximadamente el 70% viviendas construidas con adobe y tapial (INEI, 2008), y por otra parte, en las zonas urbanas este porcentaje es de aproximadamente 25% (INEI, 2008). Debido a su zona geográfica en la sierra tiende a llover más, intensificándose así la humedad, perjudicando mayormente construcciones hechas con el este material, por esto, es importante realizar una investigación y atenuar los daños del problema descrito. En ese sentido el adobe se sigue utilizando como material de construcción, pues es el material manufacturado más antiguo dentro del área de la construcción. (Cabrera & Huaynate, 2010).

Por otra parte, uno de los problemas más críticos del adobe utilizado en las construcciones, es la alta vulnerabilidad que presentan ante exposiciones prolongadas de agua procedente de lluvias y en casos extremos por inundaciones, es por esto que, es necesaria la investigación de soluciones factibles y económicas, para reducir la vulnerabilidad a la humedad y así contribuir en la protección de construcciones de adobe. (Cabrera & Huaynate, 2010).

Esto conlleva, Pineda, et al. (2007) citado en Ramirez (2016) mencionan “a que diversos estudios hallan orientado su atención en los efectos de algunos aditivos para mejorar las propiedades mecánicas de las estructuras de tierra” (p.5), ya que, con la aplicación de la savia de nopal en la mezcla del adobe se busca reducir la absorción de agua. Otros autores como Calkins (Calkins, 2008) consideran el uso de asfalto emulsionado para las construcciones de tierra para estabilizar el suelo cuando el contenido de limos es alto.

Por esta razón, hoy en día se sabe que los adobes simples-tradicionales que se elaboran son poco resistentes a esfuerzos, ya que poseen bajas propiedades físicas como mecánicas, por tal motivo se requiere elaborar adobes estabilizados. (Quintana & Vera, 2017)

Asimismo cabe mencionar que la mayoría de las construcciones que están hechas a base de adobe presentan deficiencias en sus estructuras debido a los años y al material que no es tan resistente ante la exposición del agua (lluvias, y/o agentes atmosféricos). Por ello, al elaborar adobes con la adición de la savia de nopal se pretende buscar y conseguir un adobe estabilizado y resistente basándonos en la norma E.080.

Con lo anteriormente expuesto nos surge la siguiente problemática, en la ciudad de Tarma, específicamente en los barrios periféricos de la ciudad como en el Barrio Cecilio Limaymanta se puede observar viviendas construidas a base de Adobe en su gran mayoría, y con una menor proporción construcciones de material noble. Toda vez que la ciudad de Tarma se encuentra ubicada en la sierra peruana, el clima es inverosímil con constantes lluvias y cambios de clima repentinos, es por ello que es necesario contribuir con soluciones ante esta problemática. Respecto a todo esto nos lleva a la siguiente interrogante:

- ¿Cómo se puede impermeabilizar construcciones de adobe con un material natural?

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema principal**

¿En qué medida la aplicación de la savia de nopal influye en la impermeabilización de construcciones de adobe?

### **1.2.2. Problemas secundarios**

- ¿Cómo influye la aplicación de la savia de nopal en la resistencia del adobe?
- ¿Cuáles son las características físicas que presenta el adobe con la inserción de la savia de nopal?
- ¿De qué manera influye la aplicación de la savia de nopal en la deformación del adobe ante situaciones de exposición prolongada al agua?
- ¿Cuál será el resultado de la preferencia de los pobladores al usar la savia de nopal como un producto impermeable de origen natural?

## **1.3. Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1. Objetivo principal**

Evaluar la aplicación de la savia de nopal como impermeabilizante en construcciones de adobe en el barrio Cecilio Limaymanta de Tarma.

### **1.3.2. Objetivos secundarios**

- Analizar la resistencia del adobe al agua mediante el ensayo de erosión y absorción.
- Describir las principales características del adobe con la inserción de la savia de nopal.
- Determinar la resistencia a la absorción y erosión del adobe con la inserción de savia de nopal en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%.



- Proponer la implantación de la savia de nopal como producto impermeable de origen natural.

#### **1.4. Justificación e importancia de la investigación**

La formación académica dentro de algunas universidades tiene falencias hoy en día en cuanto al tema de investigación, la misma que dentro del desarrollo de este presente trabajo se podrán generar otras investigaciones futuras, y así formar investigadores que tengan cierto interés en cuanto a las construcciones de adobe.

El conocimiento le pertenece a la humanidad, patrimonio valorado por la misma, la cual dentro de la carrera de formación profesional de ingeniera civil promueve la formación y divulgación de la misma dentro de la sociedad, estudiar el ecosistema y conocer la naturaleza. Dentro de la presente investigación dará prioridad por la metodología a seguir.

Mediante una observación concientizada dentro del desarrollo de las construcciones hechas de adobe, existe una falta de sensatez en cuanto al proceso constructivo de una construcción hecha con este material.

En ese sentido, la importancia más relevante de esta investigación, es atenuar los daños que originan el agua en el adobe y buscar alternativas de solución que permitan aportar seguridad y resistencia en construcciones de dicho material expuestas al agua, ya sea por lluvia u otros agentes externos.

Del mismo modo se ampliarán conocimientos con temas de unidad de albañilería enfocándonos en obtener bloques de adobes estabilizados utilizando aditivos naturales de fácil acceso y obtención para el poblador de la zona sin gastar dinero alguno, ya que estos materiales muy accesibles en nuestro medio.

Según la NTP E 0.80; nos menciona los requisitos generales y recomendaciones para la fabricación de adobes estabilizados, con la finalidad de obtener bloques de adobe más resistentes a la humedad ocasionada por lluvias y otros agentes externos al que están expuestas.

El objetivo de esta investigación es la elaboración de adobes estabilizados utilizando un aditivo natural, como es la aplicación de la savia de nopal en el diseño de mezcla del adobe, pues esta investigación contribuirá

en otras investigaciones futuras de estudiantes de la carrera de ingeniería civil que quieran profundizar el tema de las construcciones hechas de adobe.

Sin embargo la finalidad es esta investigación es contribuir con soluciones que reduzcan la vulnerabilidad del adobe ante la exposición prolongada de agua, asimismo sirva como ejemplo a los ingenieros y a los fabricantes de adobes a especializarse en este material de construcción que aún se utilizan, mayormente en nuestra sierra del Perú, con miras a que más y más familias construyan sus casas con un material estabilizado y seguro y de esta manera evitar el colapso inesperado y lamentar muertes a causa de este gran problema que tiene en adobe.

## **1.5. Delimitación del área de investigación**

### **1.5.1. Delimitación espacial**

El estudio de esta investigación se realizará en la ciudad de Tarma.  
-La Provincia de Tarma se encuentra a 3050 m.s.n.m, se ubica entre sierra y selva andino-amazónica, donde posee una extensión de 2749.16 km<sup>2</sup>.



Figura 1. Ubicación de la provincia de Tarma (Fuente; Recuperado de Google)

### **1.5.2. Delimitación temporal**

El presente trabajo de investigación “Aplicación de la savia de nopal como impermeabilizador en construcciones de adobe en el barrio Cecilio Limaymanta de Tarma” iniciará el 2 de enero 2019 y culminará el 02 de octubre de 2019.

## **1.6. Limitaciones del área de investigación**

- La investigación se limita a aspectos bibliográficos de estudios ya realizados sobre construcciones de adobe en la ciudad de Tarma.
- Pruebas costosas de humedad.
- Hoy en día en nuestro país existen con pocos estudios sobre las construcciones hechas de adobe, por lo que la información sobre adiciones naturales de fibras y/o otros para el adobe se hace escasa.

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **2.1. Antecedentes nacionales e internacionales**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

(Sara & Champi, 2016) El título de investigación fue “Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del adobe mejorado de 0.40 m x 0.15 m x 0.20 m con geomalla biaxial e impermeabilizante y el adobe tradicional en el distrito de San Jerónimo en la A.P.V de tejas y ladrillos en Petroperú”. Trabajo para optar El Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Andina del Cusco, nos mencionan que la presente investigación inicio con el estudio de las propiedades del suelo seleccionado para el adobe mejorado, luego se procedió a la fabricación de adobes con paja de porcentajes 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% con respecto a la masa del suelo y de longitudes de 10 cm, 20 cm, 30 cm, 40 cm mostrando mejores propiedades el adobe de 1.5% de masa y de 20 cm de longitud de paja. Después se procedió con la incorporación de arena al adobe en porcentajes de 55%, 60%, 65%, 70%, mostrando resultados desfavorables a la resistencia a compresión cuando se le agrega la arena al adobe, pero a la resistencia a la flexión ocurre lo contrario mostrando mejor característica el adobe con 55% de masa con respecto al suelo. También se le incorpora geomalla biaxial de dimensiones 0.38m x 0.18m en cantidades de 1, 2, 3, 4 y 5, presentando mejor resistencia a flexión la que contiene 2 geomallas. Por último, se le hizo un recubrimiento

con impermeabilizante para mejorar su propiedad a la absorción, se utilizó cuatro productos los cuales son Chema top, majestad, Igol sellamuro sika y moistek tecno, el que mejor resultado tiene a la resistencia a la absorción es majestad.

Con esto último se hizo la comparación de un adobe tradicional con el adobe mejorado, este último presenta mejores propiedades mecánicas y físicas en un 26.76% con respecto al adobe tradicional en el esfuerzo a compresión y un 5.53% con respecto al esfuerzo a flexión. El adobe tradicional no muestra ninguna resistencia a la absorción debido a que se desmenuza en presencia de agua lo que hace difícil cuantificar la absorción, pero en cambio el adobe con impermeabilizante majestad pasado las 24 horas sumergido en agua tiene una absorción de 3.53%. Por otra parte, en el costo por unidad de adobe mejorado es de 22.72% mayor que un adobe tradicional.

Por lo que se concluye que el adobe mejorado tiene mayores resistencias a compresión, resistencia a flexión y resistencia a absorción frente a un adobe tradicional.

(Bravo & Jocelyn, 2007), el título de investigación fue “Evaluación del comportamiento físico mecánico del adobe estabilizado con cal y goma de tuna”. Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Agraria la Molina, nos menciona que la presente investigación pretende evaluar el comportamiento físico mecánico del adobe estabilizado con cal y goma de tuna, alternativa de estabilización natural y económicamente viable y que permiten la auto construcción en gran parte del Perú. Para ello se seleccionó un suelo adecuado y se elaboraron testigos sin estabilizar y estabilizados con cal y goma de tuna, en proporciones, respecto al peso del suelo seco, de 2%, 5% y 8% y 1.5%, 3% y 5% respectivamente. A manera de evaluar el comportamiento de cada uno de los tratamientos, luego de un mes de secado, los testigos fueron sometidos a las pruebas de variación de dimensiones, resistencia a la compresión, absorción, humedecimiento, secado y erosión. El análisis de resultados se realizó mediante las pruebas estadísticas de análisis de varianza, Duncan y Dunnett. Luego de evaluar los resultados obtenidos, compararlos entre sí y con las Normas vigentes en el Perú, se concluyó: -La goma de tuna, como

estabilizante, no otorga mejoras significativas a las propiedades físico-mecánicas del adobe. - Por el contrario, la estabilización con cal mejora considerablemente, todas las propiedades evaluadas de resistencia y durabilidad del adobe. Sería recomendable seguir con las investigaciones del uso de la cal en la estabilización del adobe, a modo de comprobar el incremento de la resistencia a la fuerza compresiva con el tiempo, aspecto que no pudo ser evaluada en la presente investigación.

Es importante, además, investigar otras tecnologías que mejoren las condiciones de vivienda del adobe en el Perú, considerando su viabilidad económica y realidad sociocultural de la población; y difundir, en el país, tanto las continuas mejoras como las obtenidas anteriormente en el Perú y el mundo.

En los adobes estabilizados con goma de tuna, la trabajabilidad se vio disminuida por la adición de la goma, y es por esto que los grados de compactación obtenidos no fueron uniformes. Esto explica las variaciones obtenidas en los ensayos de erosión.

La presencia de cal en el adobe mejora la resistencia a la erosión por efecto del agua, logrando una durabilidad mucho mayor que en el caso de adobes sin estabilizar o estabilizados con goma de tuna en proporciones bajas.

Considerando los resultados de las pruebas desarrolladas en la presente investigación, podemos afirmar lo siguiente:

La goma de tuna, como estabilizante, no otorga mejoras significativas a las propiedades físico-mecánicas del adobe. Sin embargo, se ha demostrado en otras investigaciones (PUCP), que tiene un buen comportamiento cuando se le utiliza para enlucidos en porcentajes mayores a los evaluados en esta investigación (por encima del 10%).

Por el contrario, la estabilización con cal mejora considerablemente las propiedades de resistencia ante la presencia de agua del adobe.

La estabilización con cal disminuye la resistencia del adobe en los primeros meses, pero con el tiempo esta resistencia se incrementará llegando a valores iguales o mayores a los del suelo sin estabilizar.

Además, puede llegar a alcanzar valores mayores si se somete a un proceso de curado durante el secado de los bloques.

(Tapia & Huancachoque, 2016), en su tesis “Evaluación del comportamiento físico-mecánico del adobe elaborado según norma E.080 adicionado con mucilago de gigantón, utilizando insumos de la región del Cusco, comparando con el adobe tradicional artesanal elaborado en el sector adoberos, distrito de San Jerónimo – Cusco” Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Andina de Cusco, nos mencionan que la presente investigación tiene por objetivo, evaluar el comportamiento físico mecánico del adobe adicionado con mucilago de gigantón, mediante ensayos de resistencia a la compresión, humedad y acción de desgaste producido por el agua; y comparar los resultados del adobe adicionado, respecto a un adobe tradicional. Para ello se utilizaron insumos de la región del Cusco y se evaluaron testigos de adobes tradicionales y adicionados con porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9% respecto al peso seco del suelo.

A manera de evaluar el comportamiento de cada uno de los testigos, luego de un mes de secado, los testigos fueron sometidos a las pruebas de variación de dimensiones, resistencia a la compresión, absorción y succión.

Finalmente, luego de evaluar los resultados obtenidos y compararlos entre sí, se concluyó que el mucilago de gigantón, como estabilizante otorga mejoras significativas a las propiedades físico-mecánicas del adobe.

(Sanchez, 2010), el título de investigación fue “Propuesta de aditivos y microfibras de papel para reparar fisuras en muros de monumentos históricos de tierra” Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú, nos menciona presentó una forma de reparación de fisuras de monumentos de barro por medio de inyección de morteros líquidos llamados grouts.

La incorporación de estos aditivos al barro generó una mejora en la reducción de fisuras por contracción de secado generados por la presencia de arcilla, logrando así un mortero más resistente que ayude en la reparación de los muros de los monumentos históricos.

Finalmente, la utilización de la goma de penca de tuna en la realización de este mortero líquido mejoro la adherencia de grouts finos y fluidos y también fue capaz de aumentar la resistencia del grouts, lo cual hace pensar que el mismo resultado se podría obtener si colocamos este aditivo en la realización de unidades de adobe.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

(Aranda & Suarez, 2013), el título de investigación fue “Efecto de la impermeabilidad del mucilago de nopal en bloques de tierra comprimidos” Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad De La Salle Bajío León Guanajuato, México, nos menciona que la arquitectura de tierra es conocida desde hace siglos, sin embargo, actualmente es poco utilizada comparado con los sistemas constructivos comunes. Los bloques de tierra comprimido (BTC) son elementos constructivos con un potencial elevado para ser utilizado en las construcciones de vivienda en México, principalmente por su similitud con los bloques tradicionales, siendo conveniente mejorar sus características a partir de un estabilizante. Se realizó el estudio de BTC estabilizados con cemento y una sustancia proveniente de las pencas maduras de nopal. Se encontró que al añadir mucílago de nopal se observa un incremento significativo de la resistencia a la compresión húmeda y seca, lo cual estar relacionado con una disminución de la porosidad; se ofrecen algunas relaciones del efecto del mucílago en el sólido analizado.

En cuanto a las relaciones establecidas: Se encontró que los bloques de tierra comprimido incrementan significativamente la resistencia a la compresión seca y húmeda hasta un  $61.5 \pm 4.6\%$ .

Relación volumen/porosidad: La porosidad disminuye conforme se incrementa la concentración de mucílago. Relación densidad/porosidad: Se observa un comportamiento extremo, donde alcanza un valor máximo para cierta concentración y a partir de esto disminuye.

Los bloques incrementan su resistencia a la abrasión lo que podría verse reflejado en su durabilidad.



Los resultados aquí obtenidos muestran que el mucílago de nopal mejora, en general, las características de los bloques de tierra comprimidos debido a la reducción de porosidad relacionado con un cambio en la permeabilidad del sólido.

El efecto del mucílago de nopal en la permeabilidad al parecer es debido a una inhibición en la interacción entre el agua y el sólido que no permite el ascenso del líquido por capilaridad.

En el experimento de campo los bloques no mostraron grietas, cuarteaduras ni aparición de moho.

(Bravo-Hollis, 2008), en su artículo científico “Estudio y análisis de las cactáceas de México”, nos menciona que utilizó un estudio de tipo básico de las propiedades físicas de la planta de nopal, considerándola también como plantas monoicas. Raíces fibrosas o tuberosas. Tallos erectos o decumbentes, articulados o no, cilíndricos, globosos, cladodios o filocladios, generalmente glabros, tubérculos presentes o ausentes, cuando presentes dispuestos en series espiraladas, variables en dimensión y forma, costillas presentes o ausentes, dimensión y forma variable. Hojas generalmente vestigiales, a veces subuladas o laminares, dispuestas en espiral, simples, enteras, aréolas circulares a lineares, cubiertas con tricomas multicelulares y espinas, ocasionalmente con glándulas extraflorales, producen tallos y flores nuevas; espinas 0-100 por aréola, variables en tamaño, forma, consistencia y color, a veces distinguibles en radiales (cortas y delgadas) y centrales (largas y gruesas), tiene flores bisexuales, raro unisexuales, actinomorfas o ligeramente zigomorfas por la curvatura del tubo receptacular, epíginas, , ocasionalmente en inflorescencias, sésiles o pedunculadas, diurnas o nocturnas; pericarpelo y tubo receptacular con podarios espiralados, generalmente escasos, prominentes o reducidos, brácteas presentes o ausentes, cuando presentes en transición gradual con los tépalos, aréolas presentes o ausentes, cuando presentes cubiertas por tricomas, cerdas, glóquidas (subfamilia Opuntioideae) y/o espinas, tubo receptacular largo o corto, tépalos arreglados en varias series, a veces diferenciados en externos e internos.

Esta planta tiene frutos carnosos como la tuna, semicarnosos o secos, formado espigas, y semillas numerosas.

(Torres, y otros, 2011), en su artículo científico “El mucílago de nopal, una alternativa natural para la conservación de acabados arquitectónicos de tierra”, nos menciona que la presente investigación determinó que el mucílago de nopal es una sustancia impermeable. La dilución en porcentajes específicos y aplicados por aspersion, estabiliza la superficie deleznable de los adobes y la tierra, lo que se comprobó en el área de experimentación en el relleno en las plataformas de la zona arqueológica de Teotihuacan. tuvo por objetivo de probar el mucílago de nopal en acabados arquitectónicos de tierra que se generó a partir de dos aspectos: 1) debido a que existen antecedentes de que son muy vulnerables al deterioro por acción del intemperismo; 2) derivado de que los restauradores, arqueólogos y arquitectos aplican el mucílago en sitios y zonas arqueológicas, así como en monumentos históricos, por lo que definir las características de este producto resulta de gran utilidad para orientar su uso en conservación de patrimonio cultural.

Esta investigación también se basa en la problemática de los acabados arquitectónicos que requieren una pronta atención, debido a que son muy vulnerables al deterioro por intemperismo. Los materiales de tierra están representados en muchos elementos arquitectónicos de zonas arqueológicas y monumentos virreinales. En el primer caso, el uso de la tierra es evidente en plataformas, rellenos, núcleos de estructuras, muros, barro de las juntas de materiales de construcción y en elementos de acabados tales como aplanados, enlucidos, pisos, enmarcamientos de vanos, soporte de pinturas murales, relieves e incluso esculturas adosadas. Existen ejemplos del patrimonio prehispánico edificado con tierra a lo largo de todo el país. Entre ellos podemos destacar los casos de la ciudad norteña de Paquimé, Chihuahua; la tradición arquitectónica de casas en acantilado que abarca grandes porciones serranas en Chihuahua. También cabe mencionar que un gran porcentaje de las misiones en el norte del país fueron edificadas con tierra; por ejemplo, la misión de Cócopera en Sonora. Asimismo, se utilizó ese material en gran parte de la arquitectura tradicional o vernácula que aún se conserva en

pequeñas y grandes poblaciones en áreas urbanas y rurales en casi todo el país.

(Martínez, y otros, 2008) En su artículo científico “Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesanalmente, adicionados con mucílago de cactáceas y ceniza volcánica para su uso en restauración y conservación de monumentos coloniales”, nos menciona que las pencas de nopal excretan una sustancia “viscosa” llamada mucílago y/ o savia, este es uno de los componentes más importantes ya que forma parte de la fibra dietética. El mucílago del nopal es un polisacárido fibroso, altamente ramificado, cuyo peso molecular oscila alrededor de  $13 \times 10^6$  g/mol. Contiene aproximadamente de 35 a 40 % de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno. El mucílago de nopal se considera importante para la industria de alimentos debido a sus propiedades de viscosidad. Tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua, así como de modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua, además de que es un buen gelificante, espesante, y emulsificante. El objetivo del presente trabajo fue optimizar el método de extracción de mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y determinar su composición química para su posible aplicación.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Adobe**

#### **2.2.1.1. Definición:**

La (Norma E.080 - Adobe, 2006) define al adobe como:

Bloque solido hecha de tierra secada al sol, constituida también de materiales fibrosos como la paja u otro material que ayude a mejorar su resistencia ante agentes atmosféricos. Bloque de tierra mezclada mayormente con fibras de cereales como: la paja de trigo, arroz entre otros, con el fin de optimizar la adherencia de sus componentes, y ganar mayor resistencia.

La (Norma E.080 - Adobe, 2006), nos menciona que “la gradación del suelo debe aproximarse a un porcentaje de arcilla del orden de 10 a 20%, limo entre 15 a 25% y arena entre 55 a 70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos” (p.2).

De acuerdo a De la Peña (2007) citado en Quintana & Vera (2017) “También la palabra “adobe” viene del egipcio "thobe" (ladrillo); es una palabra con varios significados, el primero y más común es "ladrillo de lodo secado al sol", el segundo, “formación de lodo”, y el tercero es simplemente "ladrillos de lodo”” (p.13).

De la Peña (2007) señala que “el uso del adobe en nuestro país se remonta a épocas prehispánicas, y muchas de ellas han perdurado en el tiempo” (Quintana & Vera, 2017, p.13).

De acuerdo a De la Peña (2007) citado en Quintana & Vera (2017) “es así que el uso de este material (adobe) se prolongó a lo largo de nuestra historia, por ser de fácil acceso y porque crea ambientes que mitiguen el ruido y la intensa temperatura externa” (p.13).

De la Peña (como se citó en Quintana & Vera, 2017). Afirma:

En nuestro país existen muchas casas hechas de adobe con paja, también existe la idea de que estas construcciones son más vulnerables ante el agua, debido a que el adobe perderá su fuerza estructural mientras se vuelve saturado, convirtiéndose pegajoso y eventualmente fluido. (p.13)

De la Peña (2007) señala que “una de las grandes ventajas del adobe es la flexibilidad en sus modos de producción y su simplicidad de puesta en obra” (Quintana & Vera, 2017, p.13).

De la Peña (2007) declara que “los ladrillos de adobe, son el material manufacturado más antiguo en el área de la construcción” (Quintana & Vera, 2017, p.14).

De acuerdo a De la Peña (2007) citado en Quintana & Vera (2017) “se define al adobe como bloque solido hecha de tierra secada al sol, constituida también de materiales fibrosos como la paja u otro material que ayude a mejorar su resistencia ante agentes atmosféricos” (p.14).

En cuanto al suelo y a su composición de arena, arcilla y limos al ser mezclado con agua este se convierte en barro, por ello se debería de hacer unos estudios de suelo para saber si el material es apto para elaborar la mezcla del adobe (Quintana & Vera, 2017).

De la Peña (2007) “el adobe debe ser un bloque compacto y en cuanto a perforaciones solo está permitido hacerlas en la parte central de mayor longitud del adobe, sin tocar demasiada área de la cara que se está perforando” (Quintana & Vera, 2017, p.13).

De acuerdo a De la Peña (2007) citado en Quintana & Vera (2017) “el adobe no debe de contener materia orgánica y otras sustancias raras que causen defectos alterando su resistencia” (p.14).



Figura 2. Elaboración del adobe (Fuente; propia, fotografía de la elaboración del adobe)

## **2.2.1.2. Composición del adobe**

### **2.2.1.2.1. Suelo (Tierra)**

Uno de los componentes importantes del adobe es la tierra y los minerales que contiene la misma.

De acuerdo a Ramírez (2009) citado en Tapia & Huancachoque (2016) “un terreno normal contiene minerales arcillosos y otros minerales (feldespato, carbonatos de calcio, cuarzo, entre otros) que normalmente forman partículas más grandes que las arcilla” (p.23).

Ramírez (como se citó en Tapia & Huancachoque, 2016). Nos menciona:

El componente del suelo viene, generalmente clasificado, únicamente en base a la dimensión de las partículas según el siguiente esquema:

Arcilla. - Partículas muy pequeñas de 2 micras.

Limo. - De 2 a 60 micrones.

Arena. - De 60 micrones a 0.2 mm.

Piedra. - partículas mayores de 0.2 mm. (p.23)

Ramírez (2009) señala que “un suelo rico en arcilla es plástico y untuoso al tacto, se contare mucho cuando se seca y se cuarteas; un suelo rico en arena, no es plástico y granuloso al tacto” (Tapia & Huancachoque, 2016, p.23).

De acuerdo a Ramírez (2009) citado en Tapia & Huancachoque (2016) “la arcilla es un material vinculado con el suelo. Sus cristales están dispuestos muy irregularmente en una forma dura y no muy plástica” (p.23).

Ramírez (2009) señala que “pero si un suelo arcilloso se deja bajo el agua por un tiempo determinado, forma dura, tiesa, se transforma en una forma dispersa y muy plástica” (Tapia & Huancachoque, 2016, p.23).



Figura 3. (a) suelo del barrio Cecilio Limaymanta, (b) calicata del barrio Cecilio Limaymanta (Fuente; Propia, fotografía de calicatas en el barrio periférico de la ciudad de Tarma)

De acuerdo a Ramírez (2009) citado en Tapia & Huancachoque (2016) “es por este motivo que la preparación de un material de construcción a partir de la tierra arcillosa, comprende siempre una fase de conservación bajo el agua, destinada a mejorar su plasticidad” (p.24).

Ramírez (como se citó en Tapia & Huancachoque, 2016). Nos menciona:

El material no arcilloso del suelo es utilizado como elemento para reducir la contracción al secado y evitar las rajaduras. Es necesario, si el suelo es muy rico en arcilla o muy grasoso, agregar arena. Otros agregados posibles son:

Materiales orgánicos fibrosos: paja, pelo animal, etc.

Materiales orgánicos de bajo costo: estiércol. (p.24)

Ramírez (2009) señala que “un aditivo fibroso mejora la resistencia a la tracción. El aditivo orgánico mejora la resistencia al agua, ya que se introduce entre paquete y paquete, obstaculizando la dispersión del agua” (Tapia & Huancachoque, 2016, p.23).

Ramírez (2009) menciona que “el material puede ser empleado comprimiéndolo para hacer bloques de barro, ya sea con moldes o con las manos” (Tapia & Huancachoque, 2016, p.24).

### 2.2.1.2.2. Paja

La paja es otro componente importante en la mezcla del barro para la elaboración de bloques de adobe.

El uso de la paja es importante en la preparación de la mezcla de barro para la fabricación del adobe, ya que este ayuda a reducir el agrietamiento que se produce al secarse. Para ello pueden ser de ichu, bagazo de caña, arroz de trigo, entre otros, (Cardenas, 2008). También la paja ayuda a adherir los componentes del barro.

La paja ayuda a reducir las contracciones, dado que al ser secado al aire libre y estar en contacto directo con el sol puede causar agrietamientos en los adobes, lo cual el uso de esta en la mezcla del barro también ayuda en la adherencia, asimismo es recomendable utilizar entre 5cm a 10 cm de longitud (Cardenas, 2008).

Cárdenas (como se citó en Tapia & Huancachoque, 2016). Nos mencionan:

Cuando se utiliza adobe estabilizado con asfalto, ya no es necesario usar paja para fines de control de fisuras. Sin embargo, podría considerarse su empleo para mejorar adobe-mortero, en ese caso la paja debe introducirse en el suelo hidratado, después que este haya sido mezclado con el asfalto. De lo contrario el asfalto se adherirá en gran parte a la paja, impidiendo obtener los efectos estabilizantes que da el material. La paja es el tallo seco de ciertas gramíneas, especialmente los cereales llamados comúnmente de caña (trigo, avena, centeno, cebada, arroz, etc.), una vez cortado y desechado, después de haber separado el grano o semilla. (pp.24-25)

Se entiende por paja al tallo seco obtenidos de los cereales como: trigo, arroz, entre otros y/o de las plantas como el cáñamo, es decir es la parte entre la raíz y la espiga (Sara & Champi, 2016).

“Es una materia prima renovable que, mediante la fotosíntesis de la energía solar, toma agua y minerales de la tierra. Se compone de celulosa, lignina, y tierra silicio y muestra un exterior ceroso e impermeable” (Quintana & Vera, 2017, p.22).



Sara & Chutas (2016) señala que “Para la construcción con fardos de paja se recomienda la paja de trigo, escanada, arroz y centeno; las de cebada y avena no son tan estables y resultan menos convenientes” (Quintana & Vera, 2017, p.22).

La paja se descompone lento debido a que tiene mayor porcentaje de silicatos en su contenido (Sara & Champi, 2016).



Figura 4. La paja (Fuente; Propia, fotografía de recolección de la paja)

#### **2.2.1.2.3. Agua**

De acuerdo a Idrogo, Lingan, Quevedo, Quiroz, Vásquez, & Yep (2011) citado en Tapia & Huancachoque (2016) mencionan que “el agua es un material esencial para la fabricación del adobe, se agrega una cantidad relativa de ella para su manejabilidad en la fabricación de este” (p.25).

Idrogo, Lingan, Quevedo, Quiroz, Vásquez, & Yep (2011) señala que “El suelo debe de ser remojado en agua por un día, después de haber sacado todas las piedras grandes u otros elementos raros que puedan reducir la resistencia del adobe, ya que esto facilitara el mezclado de los demás componentes del adobe” (Tapia & Huancachoque, 2016, p.25).

Es por ello, que el agua es un elemento importante para el proceso de hidratación del bloque de adobe, por lo tanto, este componente tiene que

cumplir con los requisitos para su uso y así evitar inconvenientes por ciertas sustancias que pueden dañar al adobe (Sara & Champi, 2016).

### **A) Agua de mezcla**

Sara & Chutas (2016) señala que “el agua que se utiliza para la mezcla en el adobe tiene la función de hidratar a la tierra y contribuir con la trabajabilidad de la mezcla.” (Quintana & Vera, 2017, p.23).

Por ello, la cantidad de agua que se agrega a la mezcla es para mayor trabajabilidad e hidratar al adobe (Sara & Champi, 2016).

Sara & Chutas (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos menciona:

El agua que se utiliza para la elaboración del adobe debe ser agua limpia, libre de impurezas, es decir agua de consumo humano, ya que al no ser así puede alterar la resistencia del adobe. (p.23)



Figura 5. Agua libre de materia orgánica, agua limpia (Fuente; Recuperado de Google)

### **2.2.1.3. Características del adobe**

Aparte de las varias ventajas que se conocen acerca del adobe, una de ellas es la obtención de la materia prima, ya que la tierra se puede encontrar en el mismo lugar donde se quiere construir generando así un ahorro en transporte con maquinarias.

En la actualidad se puede usar maquinarias para la fabricación de adobes, pero el costo puede ser alta, por ello la elaboración de adobes hechos manualmente es recomendable.

Una de las desventajas del adobe como material de construcción es la capacidad que tienen para absorber la humedad, es decir es un material

higrófilo, ya que tiende a absorber la humedad atmosférica ocasionadas mayormente por lluvias, lo cual hace que pierda resistencia a los esfuerzos; en las zonas tropicales después de unas fuertes lluvias prolongadas por varios días puede ocasionar muchas veces el desplome de paredes debido a la humedad (PONS, ECO SUR, LA RED PARA EL HABITAD ECONOMICO Y ECOLOGICO., 2008).

#### **2.2.1.4. Clasificación del adobe**

Según (Palma, 2009):

Para entender sobre las construcciones de adobe, a continuación, veremos la clasificación de estos:

- Sin molde. – Son aquellos que se fabrican sin molde, es decir son moldeadas manualmente.
- Adobe. - Son aquellas que se fabrican con moldes de madera, con tierra, agua y paja.
- Tapial. - Los tapiales se realizan con compactación artesanal o maquinas motorizadas y tablas divisorias prefabricadas.

#### **2.2.1.5. Materiales para su elaboración**

Idrogo, Lingan, Quevedo, Quiroz, Vásquez & Yep (como se citó en Tapia & Huancachoque, 2016). Nos mencionan:

Que la selección del suelo ideal para la fabricación del adobe rico en arcilla y arena.

La paja que suele emplearse varía según las localidades. Puede tratarse de distintos tipos como: de arroz, de trigo, gras común, bagazo de caña, ichu, en algunos lugares se usa guano, crines, y productos similares. En todo caso es recomendable, utilizar paja picada en trozos de unos 10 cm y, de preferencia, en porcentaje de alrededor del 1% en peso.

El agua es un material esencial para la fabricación del adobe, se agrega una cantidad relativa de ella para su manejabilidad en la fabricación de este.

(p.22)



Figura 6. Materiales para elaborar adobes a) tierra, b) paja, c) agua (Fuente; Propia, fotografía de los materiales para su elaboración)

#### **2.2.1.6. Herramientas para la elaboración del adobe**

Los instrumentos que se utilizan para la elaboración del adobe son las siguientes:

- Zaranda y/o malla
- Lampa
- Plástico
- Adobera

El molde o adobera es el que contiene toda la mezcla del adobe cuando este está en estado fresco. Hay recomendaciones de las dimensiones que tiene que tener la adobera.

El Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, nos menciona que:

Los adobes se podrán elaborar de forma cuadrada o rectangular, para ello la relación del largo y la altura debe de ser de 4 a 1, la altura no debe exceder de 8 cm.



Figura 7. Herramientas para elaborar adobes, a) Zaranda, b) Lampa, c) Plástico, d) Adobera (Fuente; Propia, fotografía de las herramientas)

### 2.2.1.7. Propiedades del adobe

Los adobes presentan las siguientes propiedades:

#### 2.2.1.7.1. Aislante térmico

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

El material que compone el adobe es un buen aislante térmico, ya que en el interior de una casa construida con este material es abrigado en invierno logrando fácilmente un agradable bienestar térmico, y en tiempos de verano estas construcciones de adobe resultan mantener el ambiente fresco.

El coeficiente de conductividad térmica del adobe es de  $0.25 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  siendo el del ladrillo de  $0.85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$  y el del hormigón/concreto de  $1.50 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ . (p.25)

#### 2.2.1.7.2. Aislante sonoro

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

El adobe también resulta ser un buen aislante acústico, las viviendas construidas con este material quedan aisladas de los ruidos exteriores. Por otro lado, la superficie irregular que presentan los bloques de adobe difumina el ruido producido del interior de las viviendas, lo que

evita que los ruidos sean escuchados, propiciando así un ambiente más silencioso y agradable. (p.26)

#### **2.2.1.7.3. Ahorro energético en climatización**

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

La capacidad de aislante térmico de las construcciones hechas con adobe reduce e incluso evita el uso de artefactos para calefaccionar los ambientes o sistemas de climatización, contribuyendo así en el ahorro económico, energético, reduciendo la contaminación ambiental. Puesto que, las viviendas construidas con este material mantienen un ambiente agradable. (p.26)

#### **2.2.1.7.4. Reductores de impacto ambiental**

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

En la fabricación de adobes el impacto ambiental es bajo, debido a que son elaboradas manualmente, sin hacer uso de máquinas industrializadas que generan mayor contaminación, es más el secado del adobe es bajo sol. El adobe requiere una energía de 2000 BTU para fabricarse, (siendo la mayoría de las ocasiones toda ella de origen renovable, limpio y natural (p.26)

#### **2.2.1.7.5. Regenerativos**

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

El adobe por ser un material de construcción constituido por materiales presentes naturalmente en el medio, puede tener una reintegración total en la naturaleza una vez que la vivienda ya haya pasado su vida útil. El desmonte que queda, muchas veces puede ser reutilizado para la elaboración de adobes, provocando un menor impacto ambiental. Por el contrario, otros materiales como el ladrillo, el hormigón/concreto y el cemento no pueden reintegrarse a la

naturaleza una vez que las construcciones hechas con estos materiales hayan perdido su función. (p.27)

#### **2.2.1.7.6. Resistencia del material**

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

Una construcción de adobe correctamente construido y con un buen mantenimiento puede llegar a superar los 100 años de vida útil en buen estado. En teoría y con el mantenimiento adecuado, un edificio de adobe podría resistir de manera indefinida. (p.27)

#### **2.2.1.7.7. Resistentes al fuego**

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

Debido a su naturaleza físico-química, la tierra cruda presenta una gran estabilidad y resistencia al fuego, es decir no es un material inflamable resultando ésta claramente ser superior a otros materiales industrializados como el acero y el ladrillo. (Sara & Champi, 2016). (p.27)

#### **2.2.1.7.8. Densidad del adobe**

Sara & Champi (como se citó en Quintana & Vera 2017) Nos mencionan:

Que los adobes tiene una densidad de 1200 – 1700 Kg/m<sup>3</sup>

#### **2.2.1.7.9. Resistencia a la compresión del adobe**

(Norma E.080 - Adobe, 2006) Menciona que para fines de diseño se considera los siguientes esfuerzos mínimos:

- Resistencia a la compresión a los 28 días: 0.5 – 2 MN/m<sup>2</sup>.
- La resistencia a la compresión de un adobe debe ser como mínimo 12 kg/cm<sup>2</sup>.

### 2.2.1.8. Cualidades del adobe

Según (Palma, 2009):

#### 2.2.1.8.1. Ventajas:

- **Simplicidad de ejecución.** - Los bloques de adobe son fáciles de elaborar, pueden ser elaborados por los mismos pobladores, ya que no necesita de equipos o maquinas mecanizadas. Los componentes que contiene el adobe son de fácil obtención.
- **Economía.** - Se estima que una vivienda de adobe autoconstruida es mucho más económica.
- **Aislamiento térmico y acústico.** - El adobe trabaja como un depósito térmico en temporadas cálidas, conservando así un ambiente abrigado y agradable.
- **Baja conductividad térmica.**
- **Producción sin consumo de energía.** - Al ser elaborado manualmente, no produce contaminación, ya que no se utiliza ningún equipo mecanizado.
- **Producto reciclable.** – El desmonte que queda después de demoler una construcción de adobe, se puede reutilizar, debido a que es un material biodegradable.
- **Ahorro transporte.** – La obtención de la materia prima que es la tierra se puede encontrar en el mismo lugar donde se quiere construir generando así un ahorro en transporte con maquinarias.

#### 2.2.1.8.2. Desventajas:

- **Durabilidad.** – (Propensos a sufrir erosión y humedecimiento a causa de lluvias.)
- **Fragilidad frente a desastres naturales.** - (Vulnerables a movimientos sísmicos e inundaciones causadas por lluvias.)
- Aceptabilidad social
- La desventaja de esta técnica se encuentra en la etapa de secado de los bloques de adobe, ya que pueden demorar debido



a situaciones climáticas, estas requieren de dos a tres semanas de secado para su posterior uso en la construcción.

- El proceso también depende de las áreas donde se fabrican los adobes, y sobre todo el lugar donde los colocan para ser secados. Por ello, se debe de colocar los adobes en un lugar limpio libre de sales y protegidas de las lluvias.

#### **2.2.1.9. Recomendaciones para su elaboración**

De acuerdo a Idrogo, Lingan, Quevedo, Quiroz, Vásquez & Yep (2011) citado en Tapia & Huancachoque (2016) nos señalan “Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños, mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas y secar los adobes bajo sombra” (p.22).

#### **2.2.1.10. Requisitos generales de una unidad de adobe**

El Reglamento Nacional de Edificaciones E.080 nos menciona que:

El tipo de suelo apto que se utilizara para la fabricación de adobes debe contener 10% a 20% de arcilla, de 15% a 25% de limo y de 55% a 70% de arena, asimismo no se utilizara suelos que contengan materia orgánica.

El adobe no debe de contener materia orgánica y otras sustancias raras que causen defectos alterando su resistencia

#### **2.2.1.11. Formas y dimensiones de una unidad de adobe**

Según el Manual De Construcción Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento nos menciona que:

Los adobes se podrán elaborar de forma cuadrada o rectangular, para ello la relación del largo y la altura debe de ser de 4 a 1, la altura no debe exceder de 8 cm.

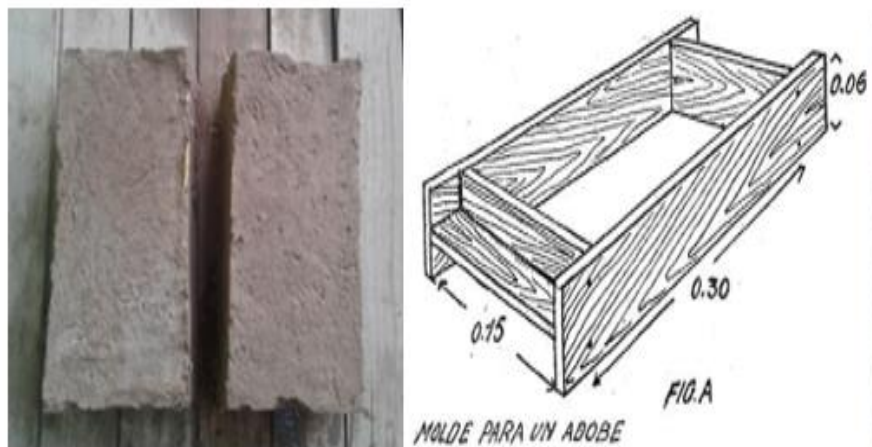


Figura 8. Adobes comerciales de 30x15x10 (Fuente; Propia, fotografía de los adobes elaborados y recuperado de Google).

### 2.2.1.12. Proceso de fabricación de adobes

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

#### 2.2.1.12.1. Selección de la tierra:

##### 2.2.1.12.1.1. Suelos apropiados:

La tierra utilizada para fabricar adobes debe contener 10% a 20% de arcilla, de 15% a 25% de limo y de 55% a 70% de arena, asimismo no se utilizará suelos orgánicos.

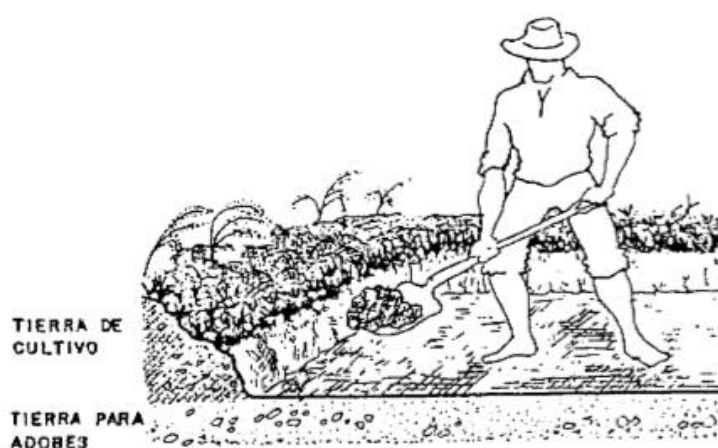


Figura 9. Selección de la tierra (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

La tierra que no se puede utilizar para la elaboración de adobes es fácil de reconocer, ya que presentan colores y sabores, por ejemplo, cuando la tierra contiene materia orgánica tiende a presentar un color oscuro, y cuando la tierra es salitrosa, es decir tiene sales presenta colores blanquecinos y de sabor salado.

#### **2.2.1.12.1.2. Pruebas de selección de la tierra:**

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

Son pruebas cuyo resultado nos dará a conocer si el tipo de tierra que se está utilizando es adecuada o no para elaborar adobes.

Una vez escogida la tierra que llegaran a pasar las pruebas que a continuación se indican, es recomendable, antes de su elaboración, fabricar adobes de prueba y realizar el control de calidad oportuno.

##### **✓ Prueba granulométrica (Prueba de la botella). -**

Esta prueba consiste en determinar qué cantidades de arena, limos y arcillas existen en la tierra que se utilizara para la elaboración de adobes. Para ello se tendrá que llenar la tierra seleccionada que haya pasado el tamiz N°4 en una botella o recipiente de boca ancha, llenar la botella con la tierra un poco más de la mitad de su altura para luego llenarla con agua limpia.

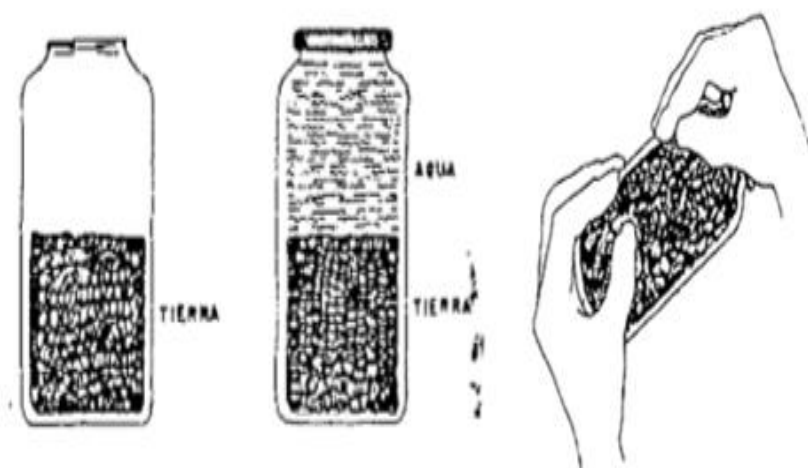


Figura 10. Prueba de la botella (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

Mover enérgicamente la botella hasta entreverar todas las partículas que contiene la tierra.

Después de ello, se dejará reposar la botella sobre una mesa esperando a que todas sus partículas estén en suspensión. La arena reposará más rápido que las partículas de limos y arcillas.

Finalmente medir la longitud que alcanza cada capa de los componentes de la tierra para determinar la proporción que tiene cada una. Se recomienda que la cantidad de arena fluctúe entre 1.5 a 3 veces la cantidad de las partículas de limos y arcilla.

✓ **Prueba de plasticidad (Prueba del rollo).** -

Esta prueba nos sirve para determinar los componentes que predominan en la tierra, es decir si contiene mayor arena, limos o arcillas.

Consiste en formar rollos con la tierra húmeda de 1.5 de diámetro aproximadamente, enrollarlas hasta conseguir romperlas para luego medir la longitud donde se rompió.

Se presentan tres casos para determinar el tipo de tierra que es:

- **Tierra arenosa (Inadecuada).** -

El rollo tiende a romperse antes de alcanzar una longitud de 5 cm.

- **Tierra arcilla-arenosa (Adecuada).** -

El rollo tiende a romperse al alcanzar una longitud entre 5 y 15 cm.

- **Tierra arcillosa (Inadecuada).** -

Cuando el rollo no se rompe alcanzando una longitud mayor de 15 cm.

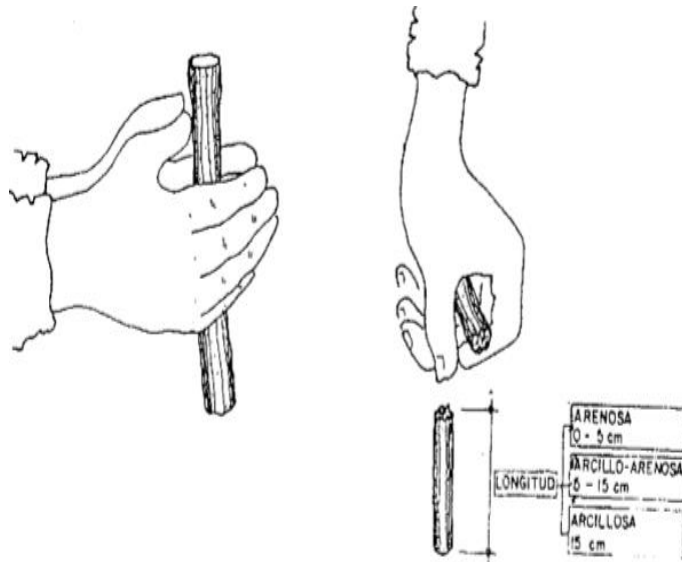


Figura 11. Prueba de plasticidad (prueba del rollo) (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

✓ **Prueba de resistencia (Prueba de la bolita seca).** -

La prueba de la bolita seca consiste en elaborar tres o más bolitas pequeñas de tierra húmeda de 2 cm de diámetro aproximadamente, para luego dejarlas secar por 24 horas.

Pasado un día del secado de la bolita se procede a aplastarlas con los dedos pulgar e índice. Si las bolitas son fuertes y resisten al ser aplastadas, quieren decir que el suelo tiene suficiente arcilla para ser usado en la elaboración de adobes. Y si las bolitas se rompen con gran facilidad, quiere decir que el suelo es inadecuado, ya que le falta arcilla y deberá descartarse.



Figura 12. Prueba de resistencia (prueba de la bolita seca) (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

### 2.2.1.13. Elaboración del adobe

#### 2.2.1.13.1. Dimensiones del adobe:

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

En la actualidad existen varias dimensiones con las cuales se puede elaborar los adobes.

Los adobes se podrán elaborar de forma cuadrada o rectangular, para ello la relación del largo y la altura debe de ser de 4 a 1, esto permitirá un traslape horizontal en proporciones de 2 a 1, lo cual ayuda a que los muros de adobe resistan los cortes que pueden ocasionar los sismos.

La altura de los bloques de adobe no debe exceder de 10 cm.

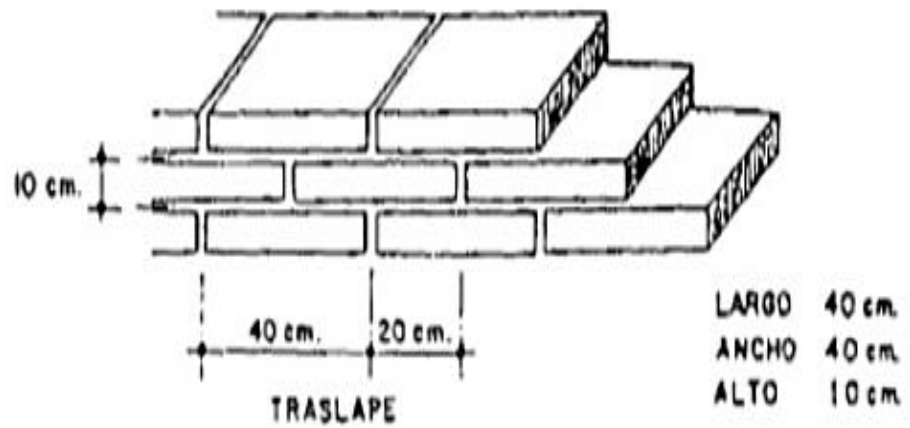


Figura 13. Traslape horizontal en adobes (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

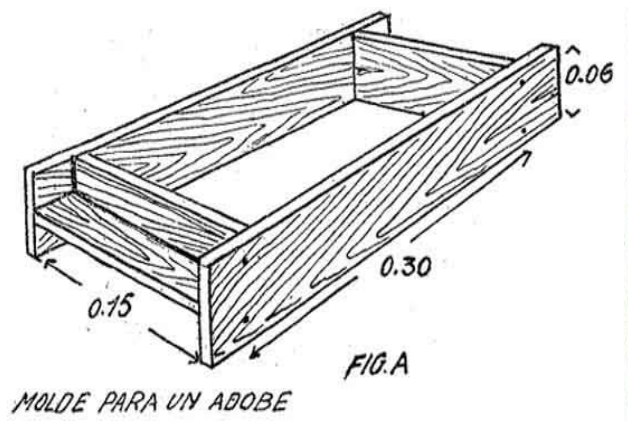


Figura 14. Dimensiones de la adobera (Fuente; Imagen recuperado de Google)



Figura 15. Dimensiones de la adobera 30x15x10 (Fuente; Propia, fotografía de la adobera llena con la mezcla)

### **2.2.1.13.2. Preparación de la mezcla de barro:**

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

El suelo debe de ser remojado por un día, después de haber sacado todas las piedras mayores de 5 mm u otros materiales extraños que puedan reducir la resistencia del adobe, ya que esto facilitara el mezclado de los demás componentes del adobe.

### **2.2.1.13.3. Mezclado de los componentes del adobe**

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

Agregar agua en cantidades adecuadas, el mezclado puede ser con las manos o con los pies pisando enérgicamente hasta conseguir una buena consistencia del lodo.



Figura 16. Mezclado de los componentes del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

Agregar a la mezcla paja, las cuales pueden ser fibras de cereales o pasto seco en cantidades del 20% en volumen.

Luego de ser mezcladas los componentes del adobe, se coge una cantidad de la mezcla para formar una bola de lodo, para luego dejarla caer al suelo.

Si vemos que se rompe en pedazos grandes, indica que la cantidad de agua en la mezcla es correcta; si la bola de lodo se aplasta sin romperse, indica



que hay demasiada agua, o si la bola de lodo se pulveriza en muchos pedazos pequeños al ser tirada al suelo, es por falta de agua.

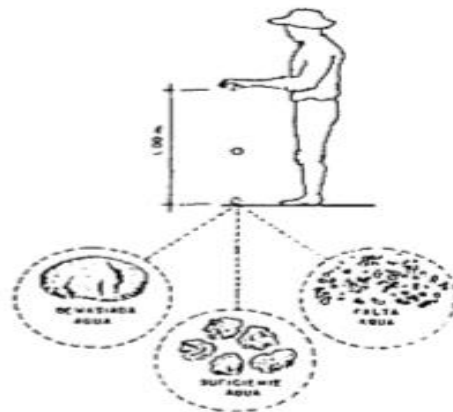


Figura 17. Verificación de la humedad en la mezcla (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

#### 2.2.1.13.4. Amoldamiento de la mezcla

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

El moldeo de la mezcla preparada se realiza utilizando moldes de madera y vaciándolas directamente sobre un tendal que esté cubierto por techos protegiendo al adobe en su etapa de secado.

Los moldes serán de madera de buena calidad, ya que se utilizarán para elaborar varios bloques, el cual debe resistir el uso que le dan.

Para moldear la mezcla se realiza de la siguiente manera: en primer lugar, se moja el molde y, en segundo lugar, se echa la mezcla enérgicamente hasta alcanzar el llenado total del molde.

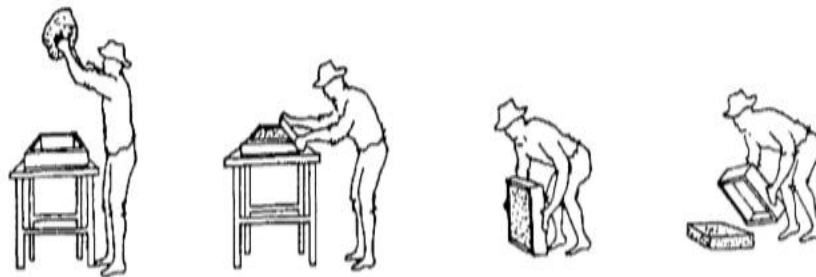


Figura 18. Proceso de moldeo en la mezcla del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

Para sacar los excesos de la mezcla que queda en el molde una vez llenado en su totalidad, se puede utilizar una regla de madera o simplemente una tabla, con la cual se pueda emparejar la mezcla a la superficie que tiene la adobera.

Y para desmoldar se realiza ligeros movimientos verticales hasta conseguir sacar el molde.

Si al sacar el molde vemos que el adobe se desmorona quiere decir que contiene demasiada agua.

Y si vemos que el adobe se raja o llega a romperse, indica que la mezcla de barro necesita más agua.

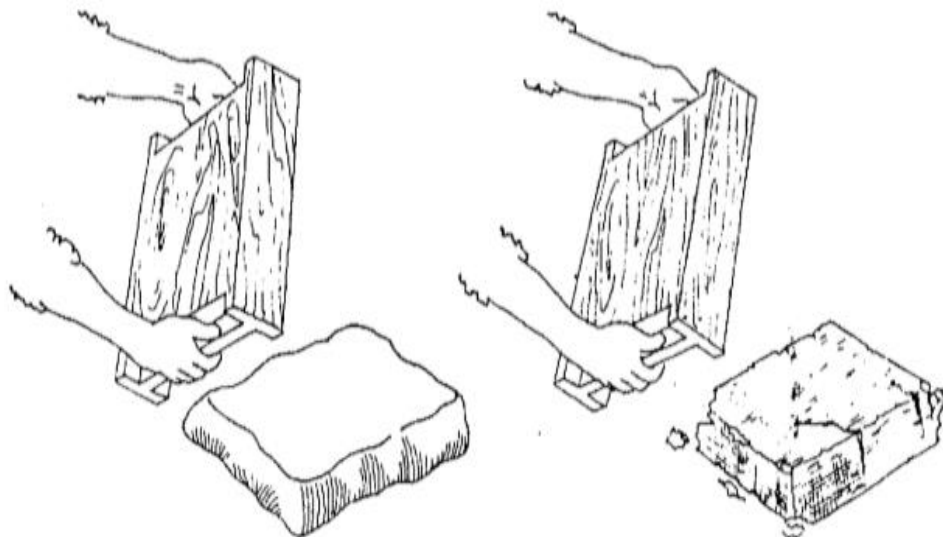


Figura 19. Desmoldeo de la mezcla del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

#### **2.2.1.13.5. Secado y tendido de adobes**

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

El proceso de secado en los adobes debe ser en superficies planas, limpias y libres de impurezas como materia orgánica y sales. Los bloques de adobes deberán de estar sobre un tendal cubierto por techos protegiendo así al adobe en su etapa de secado de las lluvias y en tiempos muy calurosas del sol.

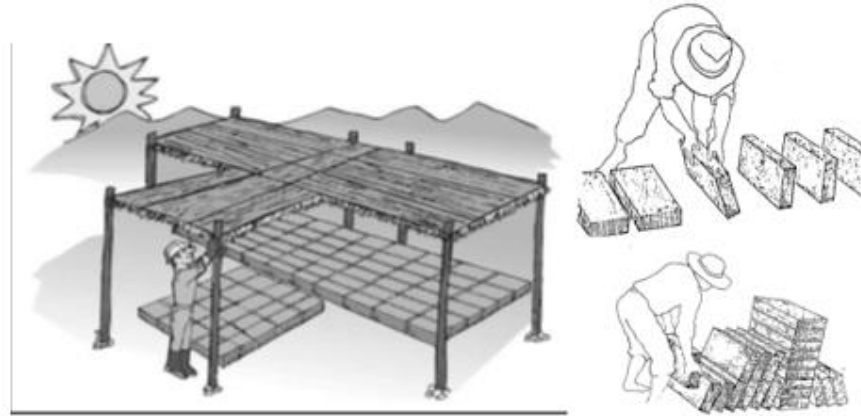


Figura 20. Proceso de secado y almacenamiento del adobe (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)



Figura 21. Unidades de adobes secos (Fuente; Propia, fotografía de las unidades de adobes ya secas)

#### 2.2.1.13.6. Control de calidad en adobes

Según (Manual Para La Construcción De Viviendas De Adobe, 1993):

Si los bloques de adobe después de un mes de secado presentan grietas, rajaduras o imperfecciones, se debe de agregar más paja al barro para mayor adherencia de sus componentes.

Si los bloques de adobe después de un mes de secado no pasan la prueba de resistencia del peso de una persona, indica que se debe de agregar arcilla a la mezcla.

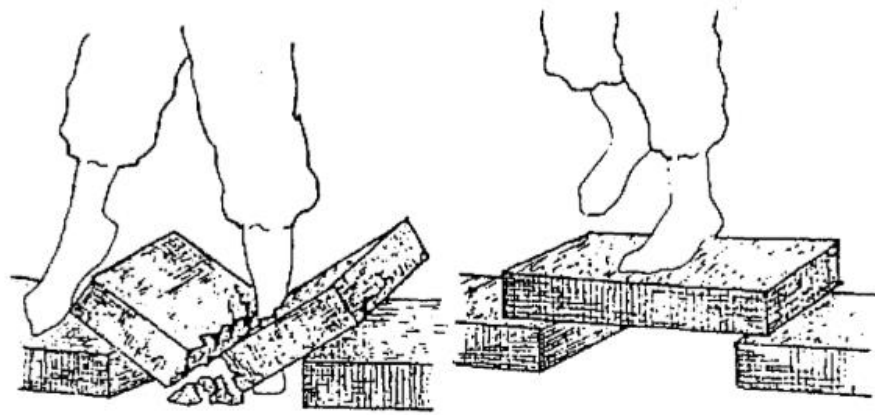


Figura 22. Proceso de control y calidad (Fuente; Imagen recopilada del Manual para la construcción de viviendas de adobe 1993)

#### 2.2.1.14. Clasificación de suelos

En la actualidad existen dos sistemas de clasificación de suelos. En las cuales se puede saber con qué tipo de suelo estas trabajando. Para ello, (Braja M. D., 1985) afirma que:

Los suelos se clasifican en dos grupos y sub grupos, por ello los sistemas de clasificación nos sirven para conocer las características que tiene cada una, ya que existen variedades de tipos de suelos. Hoy en día se trabajan con dos sistemas de clasificación, las cuales nos permitirán conocer las características generales de cada suelo en particular. El Sistema de Clasificación AASHTO son las que más se utilizan para proyectos de caminos, y el Sistema Unificado es utilizado mayormente por los ingenieros geotécnicos.

Es por ello, que (Braja M. D., 1985) nos menciona dos sistemas de clasificación de suelos como:

##### ✓ Sistema de Clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación fue desarrollado en 1929 como el Public Road Administration Clasification System (Sistema de Clasificación de la Oficina de Caminos Públicos).

Hoy en día el Sistema de Clasificación AASHTO, clasifica el suelo en siete grupos del A1 al A7. Dado que los tres primeros grupos (A-1, A-2 y A-3) son para los suelos con agregados gruesos, donde

menos del 35% pasa por la malla N°200. Mientras que los demás grupos restantes como (A-4, A-5, A-6 y A-7) son para los suelos con agregados finos que pasan más del 35% por la malla N°200, siendo así suelos con mayor contenido de limos y arcillas.

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

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

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

Figura 23. Clasificación del Material granulares Aashto (Fuente; libro "Fundamentos de ingeniería geotecnia" de Braja M. Das (1985))

#### ✓ Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

Casagrande en 1942 propuso el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, debido a la necesidad de construir aeropuertos conformada por ingenieros del ejército durante la Segunda Guerra Mundial. Es por ello, que este Sistema fue utilizado desde tiempos remotos, y hoy en día es utilizado mayormente por los ingenieros (Prueba D-2487 de la ASTM). Este Sistema clasifica los suelos es dos categorías:

1. Los suelos de agregados gruesos son aquellos que contienen material gravoso y arenoso es por ello que pasan menos del 50% por la malla N° 200. Los símbolos que representan ese tipo de material comienzan con un prefijo "G" para los suelos gravosos y "S.G" para los suelos arenosos.
2. Los suelos de agregados finos son aquellos que contienen material limoso y arcilloso es por ello que pasan más del 50% por la malla N° 200. Los símbolos que representan ese tipo de material comienzan con un prefijo "M" para los suelos que

contienen limos inorgánicos, “C” para los suelos que contienen arcillas inorgánicas, “O” para suelos que contienen limos y arcillas inorgánicas y por último “Pt” para suelos que tienen alto contenido de materia orgánica.

- Existen otros símbolos que también son utilizados para la clasificación en este sistema como, por ejemplo: “W” para suelos bien graduado, “P” para los suelos mal graduado, “L” para los suelos de baja plasticidad y “H” para los suelos de alta plasticidad.

SÍMBOLO	Características generales		
GW	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
GP			Pobrementemente graduadas
GM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas
SP			Pobrementemente graduadas
SM		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Figura 24. Tipología de Suelos (SUCS) (Fuente; libro "Fundamentos de ingeniería geotecnia" de Braja M. Das (1985))

DIVISION PRINCIPAL		SIMBOLO DEL GRUPO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACION			
SUELOS DE GRANOS GRUESOS 50% o más es retenido en el tamiz No. 200	GRAVAS 50% o más de la fracción gruesa es retenido en el tamiz No. 4	GW	Gravas bien gradadas y mezclas de arena y grava con pocos finos o sin finos	Clasificación basada en el porcentaje de finos Menos del 5% pasa por el tamiz No. 200 GW, GP, SW, SP Mas del 5% pasa por el tamiz No. 200 GM, GC, SM, SC (5% a 12% pasa por el tamiz No. 200) Para clasificación de frontera se necesitan símbolos dobles	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Mayor que 4 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3		
		GP	Gravas y mezclas de gravas y arenas mal gradadas con pocos finos o sin finos		Si los criterios para GW no se cumplen		
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava - arena y limo		Si los límites de Atterberg se localizan en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles		
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava - arena y arcilla				
	ARENAS Mas del 50% de la fracción gruesa pasa por el tamiz No. 4	ARENAS LIMPIAS	SW		Arenas y arenas gravosas bien gradadas con pocos finos o sin finos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$ Superior a 6 $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Entre 1 y 3	
			SP		Arenas y arenas gravosas mal gradadas con pocos finos o sin finos	Si no se cumplen los criterios para SW	
		ARENAS CON FINOS	SM		Arenas limosas, mezclas de arena limo	Para los límites de Atterberg localizados en el área sombreada se debe clasificar utilizando símbolos dobles.	
			SC		Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla		
		SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz No. 200	LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido de 50% o inferior		ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas	<b>GRAFICO DE PLASTICIDAD</b> Para la clasificación de los suelos limos y de la fracción fina de los suelos granulares Los límites de Atterberg situados en el área sombreada corresponden a la clasificación de frontera y requieren símbolos dobles Ecuación de la línea A: $(P - 0.73) ILL = 20$
					CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad						
LIMOS Y ARCILLAS Limite liquido superior a 50%	MH		Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de diatomeas limos elásticos				
	CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas				
	OH		Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media				
	PT		Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos	Para la identificación visual y manual, véase ASTM norma D 2488			

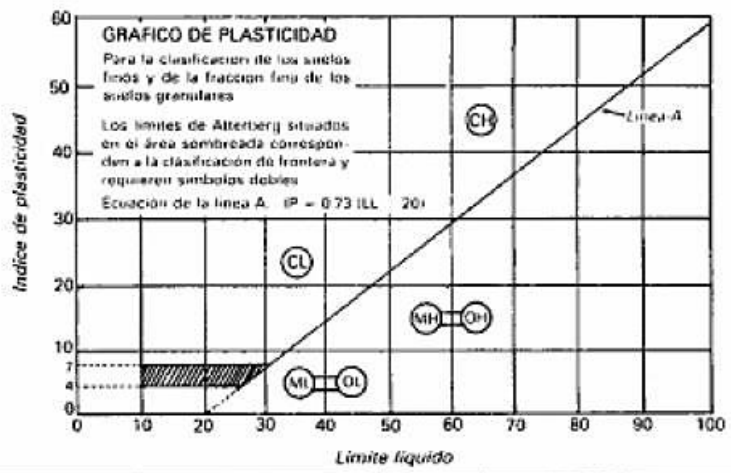


Figura 25. Sistema Unificado de clasificación de Suelos (Fuente; libro "Fundamentos de ingeniería geotecnia" de Braja M. Das (1985))

## **2.2.2. Nopal**

### **2.2.2.1. Definición**

El nopal tiene diversos nombres con las que se le conoce como, por ejemplo: nopal, tuna, penca, entre otros.

La tuna es una planta arborescente llena de espinas que puede alcanzar los 5 metros de altura. Está compuesta por cladodios carnosos y aplanados que simulan las hojas. En cada una de esas pencas se observan areolas de donde surgen los grupos de gloquidios, diminutas espinas que se desprenden de la planta, y se pegan fácilmente a la piel, causando dolor e irritación. (Bulnes, 2018, p.28)

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es un recurso de gran importancia en los sistemas agro-pastoriles de los Andes peruanos de nuestra sierra. Esta cactácea se encuentra en abundancia en el país, especialmente en los valles interandinos que soportan las bajas temperaturas y donde se ha encontrado condiciones adecuadas para su establecimiento (Piña, 1981). Sus frutos conocidos como tunas son consumidos por todos los pobladores y comercializados en los principales mercados del País. (Velarde, 2006, p.175)

Gerencia Regional Agraria la Libertad (como se citó en Quintana & Vera 2017). Nos menciona:

Actualmente el consumo del fruto de la tuna viene creciendo por sus valores nutricionales que aportan, como también por sus características sensoriales, proporcionados por el aroma y sabor características de la especie, siendo importante por sus propiedades antioxidantes que tiene la tuna, cuyo potencial ha sido reconocido por la FAO para el desarrollo de las regiones áridas y semi áridas, especialmente en los países en desarrollo. (p.5)

Los nopales son originarios de América tropical y subtropical y hoy en día se encuentran en una gran variedad de condiciones agroclimáticas, en forma silvestre o cultivada, en todo el continente americano. Además, se han difundido a África, Asia, Europa y Oceanía donde también se cultivan o se encuentran en forma silvestre. (Carmen Sáenz, 2006, p.2)



Los nopales corresponden a la familia Cactácea. La clasificación de los nopales es sumamente compleja debido a múltiples razones, entre otras porque sus fenotipos presentan gran variabilidad según las condiciones ambientales donde crecen, y se encuentran frecuentemente casos de poliploidía, se reproducen en forma sexual o asexual y existen numerosos híbridos interespecíficos. (Carmen Sáenz, 2006, p.2)



Figura 26. Extracción de los nopales (Fuente; Propia, fotografía de la extracción de los nopales)

“México es considerado el primer y principal productor a nivel mundial de nopales con aproximadamente 600 mil toneladas al año, en el Distrito Federal se encuentra la delegación produciendo 280 mil toneladas al año”. (Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades de México, 2013, p.1).

México tiene la mayor variedad de especies de opuntia y las poblaciones de nopal cubren una superficie de millones de hectáreas. Además, los nopales son el grupo de plantas más importantes para mantener el equilibrio ecológico en grandes extensiones del territorio mexicano. Se conocen más de 111 especies de opuntia. (Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades de México, 2013, p.4)



Figura 27. México considerado el primer productor a nivel mundial de nopales (Fuente; recuperado de Google)

### 2.2.2.2. Hábitat

El nopal es una planta silvestre que crece y sobrevive en abundancia en las regiones desérticas y frías, (zonas rurales). No necesita de mucha agua para su cultivo, por lo que es una buena fuente de ingresos para muchos agricultores que no cuentan con los recursos necesarios y viven en zonas áridas o semiáridas. Se dice que tiene un papel ecológico importante, ya que convierte tierras improductivas en productivas. Existen cerca de mil 600 especies en 122 géneros de la familia de las cactáceas, de la cual proviene el nopal. Tiene frutos, los cuales son comestibles y muy agradables que se conocen con el nombre de tunas. En México la ingesta anual per cápita de nopal es de 6.4 kilos. (Anónimo, 2010, p. 2).

El nopal es una especie que se adapta a diversas condiciones climáticas y edáficas, por lo que pueden ser introducidas en cualquier región del país con climas templado – seco, árido y semiárido. Esta planta ha demostrado ser una alternativa para proteger el suelo de la erosión y la restauración de los ya degradados. Por otra parte, producen frutos, verduras, forrajes, plantas de ornato, hábitat para la grana cochinilla, cercas vivas, alimentos procesados, medicinas tradicionales y de patentes para su consumo o para el mercadeo (Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades de México, 2013, p.4).



Figura 28. Los nopales (Fuente; recuperado de Google)

### 2.2.2.3. Producción de la tuna y/o nopal

✓ A nivel Nacional:

Según (Bulnes, 2018) indican que:

En el año 2005, se apreciaba una producción de una tuna fruta de 64,594 TM a nivel nacional, producidas a partir de 12,030 ha de tunales. (Avedaño, 2008)

Dieciséis departamentos del Perú tienen tunales, los de mayor producción son: Ayacucho (20.25%), Huancavelica (14.65%), Arequipa (14.84%), Lima (14.02%) y Apurímac (8.25%); con excepción de Lima y Ayacucho que venden en el mercado limeño y marginalmente al exterior, pero la mayoría producen para el consumo regional.

En general, en los departamentos productores se cosecha la tuna fruta entre noviembre y marzo, solo en Lima y en Ayacucho (Huanta), aunque en menor proporción; existe producto todo el año gracias al riego y al manejo de los tunales por parte de los agricultores de estas zonas.

Ayacucho vende al mercado limeño principalmente tuna amarilla (39.4%); Lima, tuna morada y blanca (59.95%); Ica, desde hace dos años, tuna amarilla (0.65%).

En el mes de febrero se registra un pico de la oferta de tuna fruta para el caso de la producción de Ayacucho y Lima (más de 3,000 TM), mientras que en julio hay una significativa reducción de la oferta (menos de 200 TM).

✓ A nivel Internacional:

Según (Escuela Nacional Colegio De Ciencias Y Humanidades De México, 2013):

México es considerado el primer productor a nivel mundial de nopal con aproximadamente 600 mil toneladas al año, en el Distrito Federal se encuentra la delegación produciendo 280 mil toneladas al año.

México tiene la mayor variedad de especies de opuntia y las poblaciones de nopal cubren una superficie de millones de hectáreas. Además, los nopales son el grupo de plantas más importantes para mantener el equilibrio ecológico en grandes extensiones del territorio mexicano. Se conocen más de 111 especies de opuntia.



Figura 29. México considerado el primer productor a nivel mundial de nopales (Fuente; recuperado de Google)

#### 2.2.2.4. Características morfológicas

##### 2.2.2.4.1. El tallo

Gerencia Regional Agraria la Libertad (como se citó en Quintana & Vera 2017). Nos menciona:

El nopal es una planta arborescente aproximadamente de 3 a 5m de alto, su tronco es leñoso y mide de entre 20 a 50cm de diámetro. En el Perú las variedades más usuales crecen aproximadamente entre 1,5 a 2,00m de altura. El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas,

está conformado por un tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos. (p.35)



Figura 30. El tallo del nopal (Fuente; recuperado de Google)

#### **2.2.2.4.2. Cladodios**

Gerencia Regional Agraria la Libertad (como se citó en Quintana & Vera 2017). Nos menciona:

Forma penca denominadas cladodios de 30 a 60cm. de largo x 20 a 40cm de ancho y de 2 a 3cm de espesor. Sus ramas están formadas por pencas de color verde opaco con areolas que contienen espinas más o menos numerosas de color amarillas. Estas estructuras transforman la luz en energía química a través de la fotosíntesis y están recubiertos por una cutícula del tipo lipídica, interrumpida por la presencia de estomas, los mismos que permanecen cerrados durante el día. La cutícula del cladodio evita la deshidratación provocada por las altas temperaturas del verano. La hidratación normal del cladodio alcanza hasta un 95% de agua en peso. Las pencas y tallos tienen espinas. (p.36)

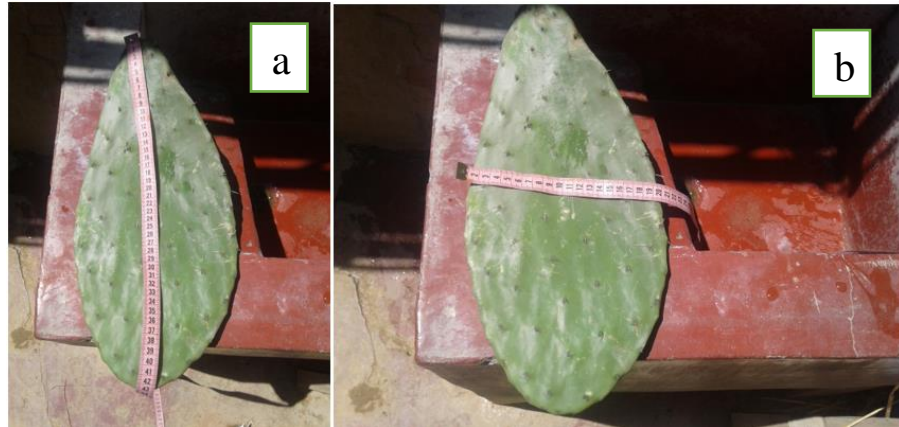


Figura 31. Medidas morfométricas del cladodio de nopal (Fuente; Propia, fotografía de las medidas del cladodio del nopal, a) largo, b) ancho)

### 2.2.2.4.3. Hojas

Gerencia Regional Agraria la Libertad (como se citó en Quintana & Vera 2017). Nos menciona:

Sólo en cladodios internos, transformadas en espinas en forma de garra, engrosadas en su base, para defensa; las caducas sólo se observan sobre tallos tiernos. Cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se hallan las aréolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando las pencas han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas. (p.37)



Figura 32. Espinas de los cladodios de los nopales (Fuente; Propia, fotografías de los nopales donde se puede visualizar las espinas que tienen)

#### **2.2.2.4.4. Flores**

Gerencia Regional Agraria la Libertad (como se citó en Quintana & Vera 2017). Nos menciona:

Las flores de los nopales crecen en la parte superior, de 6 a 7 cm de longitud. Cada aréola origina por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, unas pueden brotar el primer año, otras el segundo y tercero. Las flores tienden a abrirse a los 35 a 40 días de su brotación. Sus pétalos son de colores vivos como, por ejemplo: amarillo, anaranjado, rojo, rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco. (p.38)



Figura 33. Flores que crecen en los nopales (Fuente; recuperado de Google)

#### **2.2.2.4.5. Fruto**

Gerencia Regional Agraria la Libertad (como se citó en Quintana & Vera 2017). Nos menciona:

El fruto del nopal es de forma ovoide esférica de color verde y toma diferentes colores cuando maduran, son comestibles, agradables y dulces; la pulpa es gelatinosa conteniendo numerosas semillas, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud. (p.39)



Figura 34. Fruto de nopal, más conocido como la tuna (Fuente; recuperado de Google)

#### 2.2.2.5. Usos del Nopal

Según (Bulnes, 2018):

Son muchos los sectores industriales que aprovechan los beneficios que tienen los nopales industrializándolos, ya que esta planta es grande para el desarrollo de diferentes tecnologías para el beneficio del hombre. A continuación, se menciona algunos de estos, y la forma de explotación de este cactáceo.

- ✓ Agroindustria de alimentación y bebidas para consumo humano (producción de diversos alimentos, bebidas alcohólicas, alcohólicas de tuna).
- ✓ Agroindustria de alimentos de animales suplementos y piensos de cladodios y desechos de la industria procesadora de tuna, como las cascaras y semillas.
- ✓ Industria farmacéutica (protectores gástricos de extractos de mucilagos; capsulas y tabletas de polvo de tuna).
- ✓ Industria cosmética (cremas, shampoo, lociones).
- ✓ Industria de suplementos alimenticios (fibras y harina).
- ✓ Industria productora de aditivos naturales (gomas, colorantes, frutas).
- ✓ Sector turismo (artesanías).



### 2.2.2.5.1. Usos en la construcción

Según (Bulnes, 2018):

Muchas investigaciones sugieren que la savia de nopal mejora las características físicas de las pastas de cemento y morteros, ya que tiene efectos impermeabilizantes. Por ejemplo, en pastas de cemento, disminuye la permeabilidad y aumenta la resistencia a la compresión. Se ha encontrado que adiciones de nopal y sábila deshidratada en concentraciones pequeñas pueden funcionar como acelerantes de fraguado de pastas de cemento y que disminuyen la trabajabilidad de morteros base cemento (disminuye su fluidez). Es decir, para que la fluidez de esos morteros con adiciones sea igual a los morteros sin las adiciones se tendría que aumentar la cantidad de agua en la mezcla. Esto podría aumentar la porosidad de los morteros y, en consecuencia, disminuir su resistencia a la compresión.

Sin embargo, recientes estudios han probado que, aunque el agua de mezclado se incrementó en los morteros con estas adiciones base nopal deshidratado, su resistencia no disminuyó siendo que ésta fue aumentando a edades mayores de 30 días a partir de la fabricación de los morteros (no se toma en cuenta a las adiciones con sábila, ya que en estas si disminuyó radicalmente la resistencia del mortero). En este sentido, la lista de los resultados experimentales de la resistencia a la compresión (promedio de tres cubos por prueba) obtenidos en morteros base cemento usando adiciones deshidratadas de nopal y sábila a diferentes edades después del mezclado (Los porcentajes son por reemplazo de cemento en peso).

Es interesante observar que las resistencias a la compresión de morteros con adiciones de nopal deshidratado se mantuvieron en valores similares a la mezcla control (sin adiciones) a pesar de que la relación agua/cemento (a/c) fue incrementada para obtener la misma fluidez. A mayores edades, la resistencia a la compresión de los morteros con mayores porcentajes de adición de nopal deshidratado alcanzó valores similares a la mezcla control. En contraste, la resistencia a la compresión de los morteros con adiciones de sábila deshidratada (con bajo porcentaje de reemplazo) disminuyó hasta un 28% de los valores obtenidos en las mezclas de control,

por lo que, hasta ahora, con los resultados obtenidos, no se encontró mejora alguna en su uso. Deben continuar las investigaciones en este tema y así corroborar lo que hasta ahora se ha obtenido: las adiciones de nopal mejoran las propiedades físicas y mecánicas de pastas y morteros base cemento.

Uso del extracto de nopal para mejorar la resistencia a la segregación en concretos base cemento Portland El concreto auto consolidable (CAC) fue desarrollado en Japón en los años 8011 y se caracteriza por su alta deformabilidad y resistencia a la segregación, así como porque no requiere vibración para consolidarse en zonas congestionadas de refuerzo. Para diseñar este concreto existen tres métodos: el primero consiste en utilizar un alto contenido de finos, el segundo requiere del uso de agentes modificadores de viscosidad para poder reducir la cantidad de finos, y el tercero es una combinación de ambos. Los agentes modificadores de viscosidad (AMV) son polímeros solubles en agua usados para incrementar la viscosidad de la pasta y mejorar la estabilidad del concreto auto consolidable.

#### **2.2.2.6. Savia de Nopal**

Rodríguez, Martínez, Ornelas & Garnica (2012) aseguran:

Que las pencas de nopal excretan una sustancia “viscosa” llamada mucilago y/o savia, este es de uno de los componentes más importantes ya que forma parte de la fibra dietética. El mucilago del nopal es un polisacárido fibroso, altamente ramificado, contiene aproximadamente de 35 a 40% de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno. El mucilago y/o savia de nopal se considera importante para la industria de alimentos debido a sus propiedades de viscosidad. Tiene la capacidad de formar redes moleculares y retener fuertemente grandes cantidades de agua, así como de modificar propiedades como viscosidad, elasticidad, textura, retención de agua, además de que es un buen gelificante, espesante y emulsificante.

Según (Escuela Nacional Colegio De Ciencias Y Humanidades De México, 2013):

Mencionan que las cactáceas al sufrir un daño mecánico comienzan a exudar un compuesto “mucilaginoso” para sellar y posterior repara este daño. Actualmente, existen estudios referentes a su composición fisicoquímica, los cuales indican que estos tienen propiedades similares a los exudados gomosos de otras plantas. Se ha reportado que la producción de mucilago es una característica de la familia de las cactáceas las cuales tienen efectos impermeabilizantes.

De acuerdo a lo reportado en la literatura, “mucilago” es una designación que se usa para definir ciertas sustancias gelatinosas que se encuentran en algunas plantas naturales.

Los polisacáridos que componen estas gomas son sustancias hidrofílicas que se caracterizan por disolverse en agua fría. Además, contienen sales neutras de polisacáridos, ácidos, unidas de diferentes formas dentro de la misma molécula, las cuales se distinguen por contener ácido D-glucurónico. (p.12)



Figura 35. La savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía de la colación de las pencas de nopal donde se obtiene la savia)

### 2.2.2.6.1. Métodos de extracción

Vargas (como se citó en Bulnes, 2018) nos menciona:

La preparación de este estabilizante deberá usarse las pencas eliminando las espinas y cortarlas en tajadas que se pondrán a remojar en agua, en cantidad de 100% en peso con respecto al peso de las pencas. El tiempo de remojo de las pencas para la fabricación influye en la resistencia del estabilizante. Según la investigación de Vargas, para condiciones climáticas de 15-20° C y humedad relativa entre 82% - 92%, el tiempo de remojo óptimo se encuentra entre los 14 y 25 días, siendo 18 días el tiempo de remojo que dio mejores resultados finales. Para tiempos de remojo muchos mayores o menores, el efecto del estabilizante es nulo. Durante este tiempo la pulpa de las pencas se disuelve completamente y solo queda la cáscara como material remanente. A continuación, el color se oscurece y se pierde la consistencia gomosa. Según describe Vargas, el proceso de descomposición de la tuna, para elaborar la goma de tuna, se da de la siguiente manera: “Los dos primeros días presenta un color verde claro, una consistencia gomosa y es transparente e inodoro. Luego cambia a un color verde, adquiere una mayor consistencia de goma, presenta un fuerte olor a materia orgánica y deja de ser transparente. Durante este periodo la pulpa de las pencas se disuelve completamente y solo queda la cáscara como material remanente. A continuación el color se oscurece y la consistencia gomosa se pierde. Aproximadamente a los 60 días de remojo se obtiene un líquido negro de consistencia semejante a la del agua con fuerte olor a materia orgánica descompuesta”. Además, Vargas afirma que durante el verano (20-25° C) y 78% - 88% de humedad relativa), el tiempo de remojo ideal se reduce, y está entre los 7 y 14 días. (pp.32-33)

### 2.3. Definición de términos básicos

Según la Norma E.080 nos presenta los siguientes términos básicos:

- a) **Adobe:** Bloque solido hecha de tierra secada al sol, constituida también de materiales fibrosos como la paja u otro material que ayude a mejorar su resistencia ante agentes atmosféricos. Bloque de tierra mezclada mayormente con fibras de cereales como: la paja de trigo, arroz entre otros, con el fin de optimizar la adherencia de sus componentes, y ganar mayor resistencia.
- b) **Adobe estabilizado:** Bloque solido hecha de tierra secada al sol, al que se le ha adicionado materiales fibrosos como la paja u otro material que ayude a mejorar su resistencia ante agentes atmosféricos.
- c) **Arriostre:** “Elemento que impide el libre desplazamiento del borde de muro. El arriostre puede ser vertical u horizontal.
- d) **Altura libre de muro:** Es la distancia vertical libre entre elementos de arriostre horizontales.
- e) **Esbeltéz:** Relación entre la altura libre del muro y su espesor.
- f) **Largo efectivo:** Distancia libre horizontal entre elementos de arriostre verticales o entre un elemento de arriostre y un extremo libre.
- g) **Mortero:** Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.
- h) **Nopal:** Planta cactácea de tallos muy carnosos formados por una serie de paletas ovales con espinas que representan las hojas, flores grandes con muchos pétalos y fruto (higo chumbo o tuna) en baya de corteza verde amarillento y pulpa comestible, de sabor dulce y color anaranjado o verdoso.
- i) **Savia:** Sustancia orgánica de textura viscosa, semejante a la goma, que contienen algunos vegetales.

## **Capítulo III**

### **Hipótesis y variables de la investigación**

#### **3.1. Hipótesis principal**

Se estima que la aplicación de la savia de nopal influye significativamente en la impermeabilización de construcciones de adobe en el barrio Cecilio Limaymanta de Tarma 2019.

#### **3.2. Hipótesis secundarias**

- Con el 7% y 9% de la inserción de savia de nopal se obtendrá adobes con mejores propiedades físicas, adobes más resistentes a la humedad y macizos.
- La savia de nopal aplicada en mayor cantidad en la mezcla reducirá la absorción de humedad del adobe.
- La savia de nopal será utilizada como un producto impermeable de origen natural.

#### **3.3. Variables e indicadores**

##### **3.3.1. Variables dependientes**

- Y1= Impermeabilización en construcciones de adobe.

Indicadores: Impermeabilización artificial, impermeabilización natural.

##### **3.3.2. Variables independientes**

- X1= Aplicación de la savia de nopal

Indicadores: Aplicación en la preparación de mezcla del diseño del adobe.

### 3.4. Operacionalización de variables

Tabla 1 *Variable dependiente*

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Y1 Impermeabilización en construcciones de adobe	Impermeabilización Artificial (aditivo)	Cal	Kg	Guías de observación de laboratorio.
		Arena gruesa	M3	
	Impermeabilización Natural	Cactus	M3	Norma técnica de Diseño y construcción E.080
		Penca	M3	
		Paja(bitumen)	Kg	Formatos de evaluación de características físicas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2 *Variable independiente*

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
X1				Fichas de observación.
Aplicación de la savia de nopal	Preparación de Mezcla	Añadida en la mezcla de diseño	M3	Formatos de evaluación de características físicas.  Norma técnica de Diseño y construcción E.080

Fuente: Elaboración propia.



## **Capítulo IV**

### **Diseño de investigación**

#### **4.1. Diseño de ingeniería**

La investigación se enmarca en la línea de investigación, Construcción y Gestión de edificaciones y dentro del campo de acción, Materiales para la construcción.

Asimismo, se desarrolla según el enfoque CUANTITATIVO, Porque se van a medir fenómenos, siguen un proceso secuencial y se planteara una serie de hipótesis (Hernández Sampieri, Metodología de la Investigación, 2014).

La aplicación de la savia de nopal en la elaboración bloques de adobe consiste en aplicarlos en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%, pues el método empleado y los resultados obtenidos son para probar la hipótesis con base a la medición numérica.

La Norma técnica E.080 del reglamento nacional de edificaciones nos mencionan los requisitos generales en el adobe.

1. El proyecto arquitectónico de edificaciones de adobe deberá adecuarse a los requisitos que se señalan en la presente Norma.

2. Las construcciones de adobe simple y adobe estabilizado serán diseñadas por un método racional basado en los principios de la mecánica, con criterios de comportamiento elástico.
3. Las construcciones de adobe se limitarán a un solo piso en la zona sísmica 3 y a dos pisos en las zonas sísmicas 2 y 1 definidas en la NTE E.030 Diseño Sismorresistente. Por encima del primer piso de adobe, podrán tenerse estructuras livianas tales como las de quincha o similares.
4. No se harán construcciones de adobe en suelos granulares sueltos, en suelos cohesivos blandos, ni arcillas expansivas. Tampoco en zonas propensas a inundaciones cauces de avalanchas, aluviones o huaycos o suelos con inestabilidad geológica.
5. La tierra apta que se utilizara para fabricar adobes debe contener 10% a 20% de arcilla, de 15% a 25% de limo y de 55% a 70% de arena, asimismo no se utilizará suelos que contengan materia orgánica. El adobe debe ser un bloque compacto y en cuanto a perforaciones solo está permitido hacerlas en la parte central de mayor longitud del adobe, sin tocar demasiada área de la cara que se está perforando.
6. El adobe no debe de contener materia orgánica y otras sustancias raras que causen defectos alterando su resistencia.

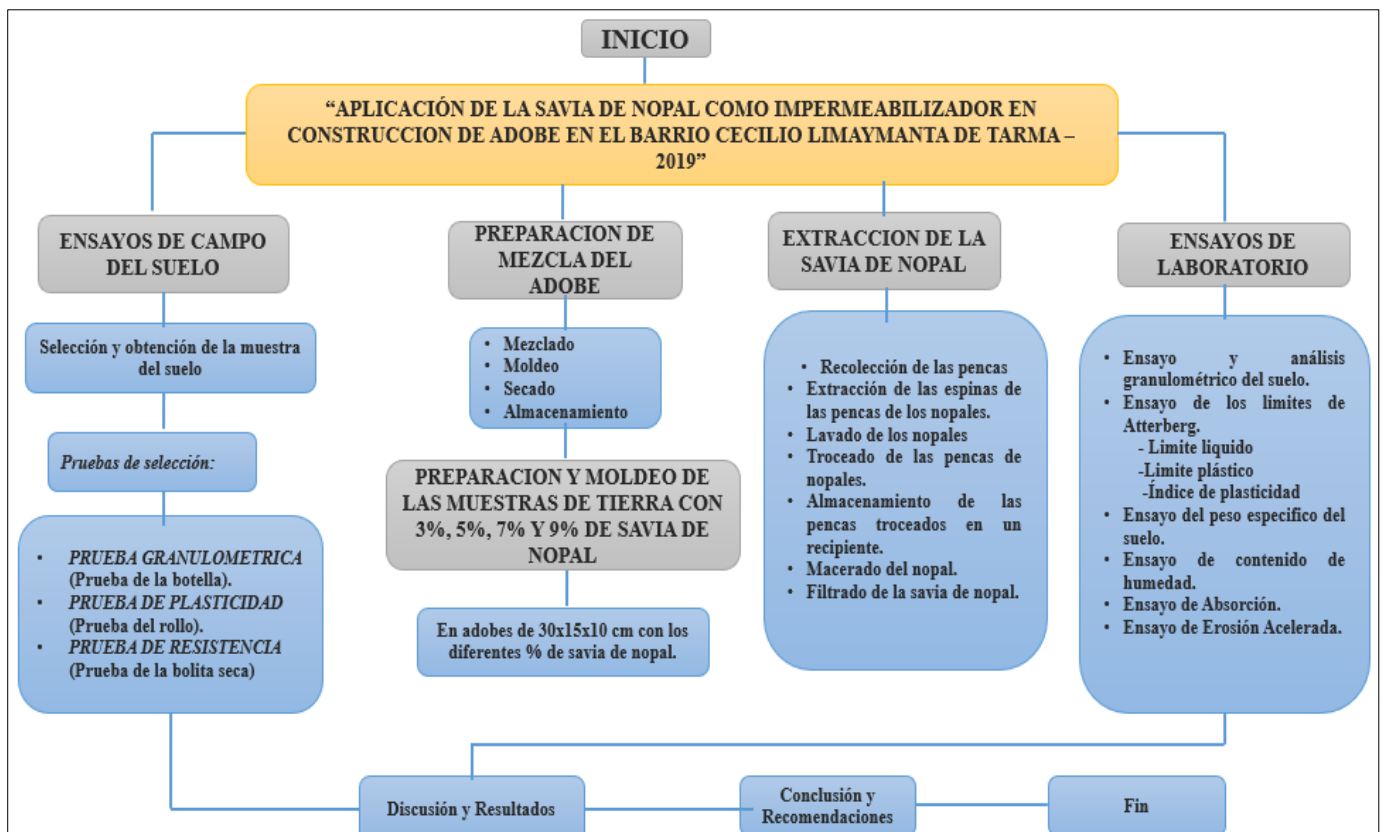


Figura 36. Diseño de Ingeniería (Fuente; Elaboración Propia)

## **4.2. Métodos y técnicas del proyecto**

El método aplicado es el hipotético-deductivo, dado que tiene diversos pasos a seguir: parte de la observación, para luego crear una serie de hipótesis, que posteriormente serán comprobadas mediante ensayos de campo, de laboratorio, cálculos y procesamientos de datos, con la finalidad de obtener resultados y respuestas con que comprobar las hipótesis planteadas.

Se elaboraron 40 bloques de adobe con la inserción de la savia en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9% y 10 adobes artesanales simples para la comparación mediante el ensayo de absorción y el de erosión acelerada.

## **4.3. Diseño estadístico**

La presente investigación abarca un diseño del tipo experimental de campo, ya que para el desarrollo de la investigación se hará el uso de diseño experimental donde se determina la resistencia de bloques de adobe con la inserción de la savia de nopal en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%, esto mediante el ensayo de erosión acelerada y el de absorción. Posteriormente se obtendrá el adobe más resistente con una adecuada dosificación de savia.

### **4.3.1. Población y muestra**

#### **4.3.1.1. Población**

La población está conformada por un total de 50 testigos de adobes de 30x15x10 cm de dimensión aceptada por la Norma E.080, las cuales se realizaron con la inserción de savia de nopal en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%.

#### **4.3.1.2. Tipo de muestreo**

El tipo de muestreo que se empleó en la presente investigación es el “no probabilístico”, debido a que no se utilizaron formulas estadísticas para la selección de la muestra.

### 4.3.1.3. Muestra

El total de los 50 testigos de bloques de adobe, están agrupadas cada 10 unidades.

#### 4.3.1.3.1. Cuantificación de la muestra

Se utilizaron:

- ✓ 10 testigos de adobes artesanales simples, sin la inserción de savia de nopal.
- ✓ 10 testigos de adobes con la inserción de 3% de savia de nopal.
- ✓ 10 testigos de adobes con la inserción de 5% de savia de nopal.
- ✓ 10 testigos de adobes con la inserción de 7% de savia de nopal.
- ✓ 10 testigos de adobes con la inserción de 9% de savia de nopal.

Tabla 3 *Cuantificación del ensayo de Absorción*

<b>PRUEBA</b>	<b>Cantidades de muestras usadas</b>				
	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>	<b>7%</b>	<b>9%</b>
<b>Absorción</b>	5	5	5	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4 *Cuantificación del ensayo de Erosión Acelerada*

<b>PRUEBA</b>	<b>Cantidades de muestras usadas</b>				
	<b>0%</b>	<b>3%</b>	<b>5%</b>	<b>7%</b>	<b>9%</b>
<b>Erosión acelerada</b>	5	5	5	5	5
<b>TOTAL</b>	<b>25</b>				

Fuente: Elaboración propia.

#### **4.4. Técnicas y herramientas estadísticas**

##### **4.4.1. Instrumentos para recolectar datos**

##### **4.4.1.1. Guías en la recolección de datos**


Para la recolección de datos, muestras y análisis se emplearon guías de observación de campo y guías de observación de laboratorio de los ensayos realizados para recolectar datos del suelo y del adobe.

En cuanto, a la selección del suelo se utilizaron guías de observación las cuales nos permite recolectar datos del ensayo en campo como: PRUEBA GRANULOMETRICA (Prueba de la botella), PRUEBA DE PLASTICIDAD (Prueba del rollo), PRUEBA DE RESISTENCIA (Prueba de la bolita seca), como se muestra el desarrollo de estas en el capítulo V de la presente investigación, pues todas ellas son pruebas que se realizaron para saber si el tipo de tierra que se está utilizando es adecuada o no para elaborar adobes.

Por otro lado, se tomaron muestras de suelo para el estudio mecánico del suelo realizados en el laboratorio de la UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE en la Ciudad de Tarma, con la finalidad de conocer si el tipo de suelo es apropiado para la fabricación de adobes. Los ensayos realizados fueron: análisis granulométrico del suelo, ensayo de los límites de Atterberg (límite líquido, plástico e índice de plasticidad), ensayo del peso específico, ensayo de contenido de humedad. En cuanto a los ensayos realizados en el laboratorio para el adobe fueron: el ensayo de Absorción, y el ensayo de Erosión Acelerada.

#### 4.4.1.2. Formatos de recolección de datos

Tabla 5 Formato del Ensayo en Campo para la selección del suelo

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b> <b>FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b> <b>MECÁNICA DE SUELOS</b>		
	<b>PROYECTO:</b> <b>ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"</b>		
<b>TESISTA:</b> VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA <b>UBICACIÓN:</b> ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA <b>LUGAR:</b> TARMA - TARMA - JUNIN <b>CALICATA:</b> C-1			Cam. Nº <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 30px; margin: auto;">1</div>
<b>ENSAYO EN CAMPO PARA LA SELECCIÓN DEL SUELO</b>			
TIPO	INDICADORES	MUESTRA Nº1	
<b>Prueba de botella</b> (Prueba granulométrica). - • Se consideran como suelos aptos, los que cumplen con lo indicado en la Norma.	Los rangos deben estar dentro de los indicados en la Norma (60% Arena, 20% Arcilla, 20% Limo)		
	<b><u>RESULTADO</u></b>		
<b>Prueba del enrollado</b> (Prueba de plasticidad). - • Se considera como suelo apto, cuando el rollo que se realiza alcanza una longitud entre los 5 a 15 cm.	El rollo alcanza los 5 cm.		
	El rollo alcanza una longitud entre 5 a 15 cm		
	El rollo alcanza una longitud mayor de 15 cm		
<b><u>RESULTADO</u></b>			
<b>Prueba de la resistencia de la bolita seca</b> (Prueba de resistencia) - • Se considera como suelo apto, cuando la bolita al ser aplastada con los dedos se desmorona en trozos grandes	Se desmorona en trozos grandes		
	<b><u>RESULTADO</u></b>		

Fuente: Elaboración propia.


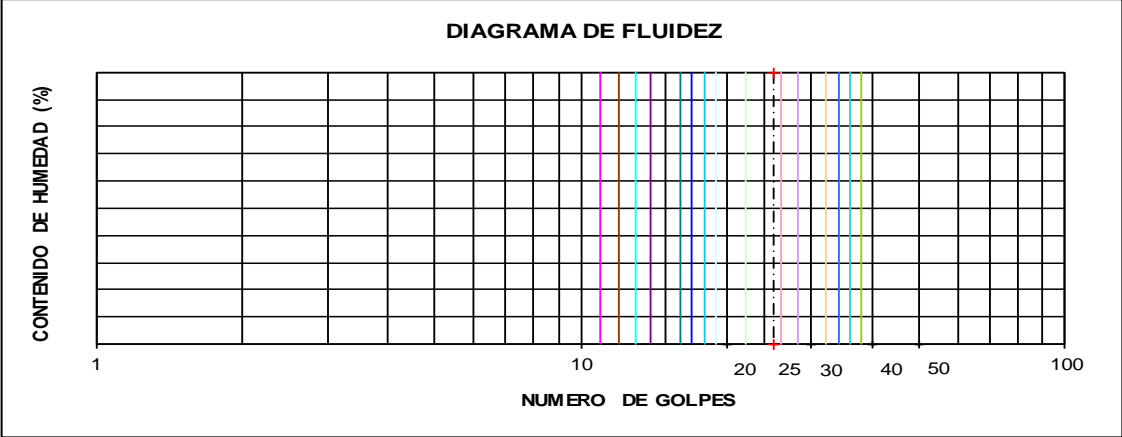
Tabla 6 Formato - Ensayo de Granulometría de suelo

<b>UCSS</b>				<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b>	
				<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>					
<b>MECÁNICA DE SUELOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>					
<i>ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"</i>					
<b>LUGAR:</b> LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE					
<b>TESISTA:</b> VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA					
<b>UBICACION:</b> ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA					
<b>LUGAR:</b> TARMA - TARMA - JUNIN					
<b>CALICATA:</b> C-1					
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b>					
<b>ASTM C136 / NTP 400.012</b>					
PESO INICIAL SECO (g) :					
PESO LAVADO Y SECO (g) :					
<b>MALLAS</b>	<b>ABERTURA (mm.)</b>	<b>Peso Retenido (g)</b>	<b>% Parcial Retenido</b>	<b>% ACUMULADO</b>	
				<b>RETENIDO</b>	<b>QUE PASA</b>
1 1/2"					
1"					
3/4"					
1/2"					
3/8"					
N°4					
N°8					
N°16					
N°30					
N°50					
N°100					
FONDO					
<b>TOTAL</b>					
La cantidad mínima de especimen de material seleccionado como representativo de la muestra total, será de acuerdo a la siguiente tabla:					
Tabla-1: CANTIDAD MÍNIMA DE LA MUESTRA					
		Diámetro Nominal de las Partículas (mm, pulg)		Masa Mínima (g)	
		76.2 mm	3"	5000	
		50.8 mm	2"	4000	
		38.1 mm	1 1/2"	3000	
		25.4 mm	1"	2000	
		19.00 mm	3/4"	1000	
		9.5 mm	3/8"	500	
Referencia: ASTM C136 / NTP 400.012					
Revisado por:.....					

Fuente: Formato del Laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.



Tabla 7 Formato - Ensayo de Limite líquido y limite plástico

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b> <b>FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL</b>																													
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b> <b>MECÁNICA DE SUELOS</b>																														
<b>PROYECTO:</b> <b>ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"</b>																														
<b>LUGAR:</b>	LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE																													
<b>TESISTA:</b>	VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA																													
<b>UBICACIÓN:</b>	ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA																													
<b>LUGAR:</b>	TARMA - TARMA - JUNIN																													
<b>CALICATA:</b>	C-1																													
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b> <b>ASTM D4318 / NTP 339.129</b>																														
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">LÍMITE LÍQUIDO</th> <th colspan="2">LÍMITE PLÁSTICO</th> </tr> <tr> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>1</th> <th>2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PRUEBA N°</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>RECIPIENTE N°</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>NÚMERO DE GOLPES</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </tbody> </table>		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		1	2	3	1	2	PRUEBA N°						RECIPIENTE N°						NÚMERO DE GOLPES					
	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO																										
	1	2	3	1	2																									
PRUEBA N°																														
RECIPIENTE N°																														
NÚMERO DE GOLPES																														
1	PESO DE LATA (g)																													
2	PESO DE LATA + SUELO HÚMEDO (g)																													
3	PESO DE LATA + SUELO SECO (g)																													
4	PESO DEL AGUA CONTENIDA (g) (2)-(3)																													
5	PESO DEL SUELO SECO (g) (3) - (1)																													
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4) / (5) * 100 (%)																													
<b>DIAGRAMA DE FLUIDEZ</b>																														
																														
<b>La cantidad de muestra para los ensayos:</b>																														
<b>limite liquido:</b>																														
*Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo																														
<b>*limite plastico:</b>																														
*Se requiere 6 g. para el ensayo																														
Revisado por:.....																														

Fuente: Formato del Laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.

Tabla 8 Formato - Ensayo de Peso específico y absorción del agregado fino

		<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b> <b>FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL</b>			
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b> <b>MECÁNICA DE SUELOS</b>					
<b>PROYECTO:</b>					
<b>ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD                  CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE                  EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"</b>					
<b>LUGAR:</b> LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE					
<b>TESISTA:</b> VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA					
<b>UBICACIÓN:</b> ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA					
<b>LUGAR:</b> TARMA - TARMA - JUNIN					
<b>CALICATA:</b> C-1					
<b>ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO</b> <b>ASTM C128 / NTP 400.022</b>					
ID	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2	
1	Peso de la fiola	(g)			
2	Peso de la muestra sss	(g)			
3	Peso de la arena sss + peso de la fiola	(g)			
4	Peso de la arena sss + peso de la fiola + peso de agua	(g)			
5	Peso del agua W(4-3)	(g)			
6	Peso del recipiente	(g)			
7	Peso del recipiente + muestra secada al horno	(g)			
8	Peso de la muestra seca al horno A(7-6)	(g)			
9	Volumen de la fiola V	(cm <sup>3</sup> )			
<b>RESULTADOS:</b>					
Peso específico de la masa = $A/(V-W)$		g/cm <sup>3</sup>			
Peso específico de masa s.s.s = $500/(V-W)$		g/cm <sup>3</sup>			
Porcentaje de absorcion (%) = $((500 - A/A)*100$		(%)			
Revisado por:.....					


Fuente: Formato del Laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.

Tabla 9 Formato - Ensayo de Contenido de Humedad del suelo

		<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b> <b>FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL</b>	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b> <b>MECÁNICA DE SUELOS</b>			
<b>PROYECTO:</b> <b>ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"</b>			
<b>LUGAR:</b> LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE			
<b>TESISTA:</b> VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA			
<b>UBICACIÓN:</b> ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA			
<b>LUGAR:</b> TARMA - TARMA - JUNIN			
<b>CALICATA:</b> C-1			
<b>DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO</b> <b>ASTM D2216 / NTP 339.127</b>			
		<i>muestra</i>	<i>muestra</i>
1	N° DEL RECIPIENTE	<b>1º</b>	<b>2º</b>
2	PESO DEL RECIPIENTE (g)		
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)		
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (g) (3)-(4)		
6	PESO DEL SUELO SECO (g) (4) - (2)		
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (5) / (6) * 100 (%)		
<b>PROMEDIO</b>			
<b>Cálculos</b> El contenido de humedad se calcula de la siguiente manera: $w = (\text{Peso de agua}) / (\text{Peso de suelo seco al horno}) \times 100$			
La cantidad mínima de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a la siguiente tabla:			
<b>Tabla-1: CANTIDAD MÍNIMA REPRESENTATIVA HUMEDA DE LA MUESTRA</b>			
	Máximo tamaño de partículas-TM (pasa el 100%)	Tamaño de malla estandar	Masa mínima recomendada de especimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$
	2 mm ó menos	N°10	20 g
	4.75 mm	N°4	100 g
	9.5 mm	3/8"	500 g
	19.0 mm	3/4"	2.5 kg
	37.5 mm	1 1/2"	10 kg
	75 mm	3"	50 kg
Referencia: ASTM D2216 / NTP 339.127			
Nota.-* Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.			
Revisado por:.....			


Fuente: Formato del Laboratorio de ingeniería civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.

Tabla 10 Formato - Ensayo de absorción en adobes

		UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES MECÁNICA DE SUELOS								
<b>PROYECTO:</b> ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"										
<b>LUGAR:</b> LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE <b>TESISTA:</b> VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA <b>UBICACIÓN:</b> ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA <b>LUGAR:</b> TARMA - TARMA - JUNIN <b>CALICATA:</b> C-1										
<b>ENSAYO DE ABSORCION DEL ADOBE</b> NORMAS NTP 399.604 Y 399.613										
% SAVIA DE NOPAL	Testigo	Dimensiones			Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Hora	Absorción (%)	Promedio (%)	
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)						
0%	Adobe -1,0									
	Adobe -2,0									
	Adobe -3,0									
	Adobe -4,0									
	Adobe -5,0									
3%	Adobe -1,3									
	Adobe -2,3									
	Adobe -3,3									
	Adobe -4,3									
	Adobe -5,3									
5%	Adobe -1,5									
	Adobe -2,5									
	Adobe -3,5									
	Adobe -4,5									
	Adobe -5,5									
7%	Adobe -1,7									
	Adobe -2,7									
	Adobe -3,7									
	Adobe -4,7									
	Adobe -5,7									
9%	Adobe -1,9									
	Adobe -2,9									
	Adobe -3,9									
	Adobe -4,9									
	Adobe -5,9									
<b>CALCULO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION:</b>										
$\% \text{ de absorcion} = \frac{100(b - a)}{a}$										
<b>DONDE:</b> b: es el peso del adobe en estado saturado en agua a: es el peso del adobe en estado seco  Referencia: NORMAS NTP 399.604 Y 399.613										
Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....										
Opinion de aplicabilidad:   Aplicable ( )   Aplicable despues de corregir ( )   No aplicable ( )										
Apellidos y Nombres del juez validador: Ing. ....										
DNI: .....										
										Firma

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11 *Formato - Ensayo de Erosión Acelerada en adobes*

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b> <b>FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL</b> <b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b> <b>MECÁNICA DE SUELOS</b>						
<b>PROYECTO:</b> <i>ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"</i>							
<b>LUGAR:</b> LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE							
<b>TESISTA:</b> VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA							
<b>UBICACIÓN:</b> ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA							
<b>LUGAR:</b> TARMA - TARMA - JUNIN							
<b>CALICATA:</b> C-1							
<b>ENSAYO DE EROSION ACELERADA</b> <b>NORMA ESPAÑOLA UNE 41410:2008</b>							
<b>% SAVIA DE NOPAL</b>	<b>Largo</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Oquedad (mm)</b>	<b>Oquedad en (cm)</b>	<b>Peso seco</b>	<b>Peso con agua absorbida</b>	<b>Cumple</b>
0%							
3%							
5%							
7%							
9%							
<b>CONDICION DE ACEPTACION O RECHAZO:</b>							
<b>Tabla 3 – Resistencia a la erosión. Criterios de aceptación o rechazo</b>							
<b>Propiedad</b>		<b>Criterio</b>		<b>Resultados</b>			
<i>D</i> , (profundidad de la oquedad, en mm)		$0 \leq D \leq 10$		Bloque apto			
		$D > 10$		Bloque no apto			
Referencia: NORMA ESPAÑOLA UNE 41410:2008							
Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....							
Opinion de aplicabilidad:   Aplicable ( )   Aplicable despues de corregir ( )   No aplicable ( )							
Apellidos y Nombres del juez validador: Ing. -----							
DNI: -----							
							Firma

Fuente: Elaboración propia.

## Capítulo V

### Desarrollo Experimental

#### 5.1. Pruebas y ensayos

##### 5.1.1. Pruebas de campo

##### 5.1.1.1. Pruebas de selección de la tierra:

SEGÚN (MANUAL PARA LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS DE ADOBE, 1993):

✓ **Prueba granulométrica (Prueba de la botella).** -

Esta prueba consiste en determinar qué cantidades de arena, limos y arcillas existen en la tierra que se utilizara para la elaboración de adobe. Para ello se tendrá que llenar la tierra seleccionada que haya pasado el tamiz N°4 en una botella o recipiente de boca ancha, llenar la botella con la tierra un poco más de la mitad de su altura para luego llenarla con agua limpia.

Mover enérgicamente la botella hasta entreverar todas las partículas que contiene la tierra.

Después de ello, se dejará reposar la botella sobre una mesa esperando a que todas sus partículas estén en suspensión. La arena reposará más rápido que las partículas de limos y arcillas.

Finalmente medir la longitud que alcanza cada capa de los componentes de la tierra para determinar la proporción que tiene cada una. Se recomienda que la cantidad de arena fluctúe entre 1.5 a 3 veces la cantidad de las partículas de limos y arcilla.

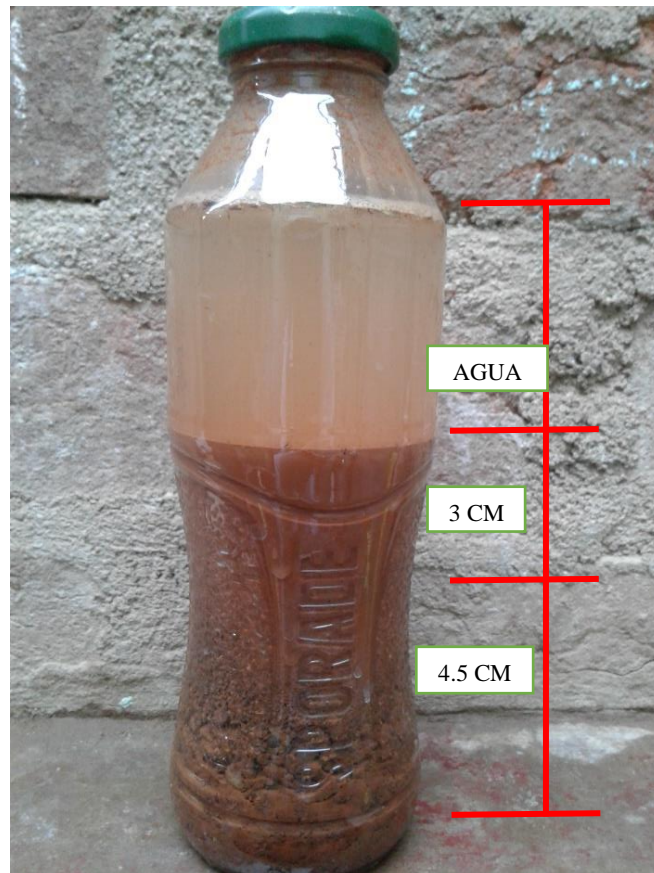


Figura 37. Prueba granulométrica (prueba de la botella) (Fuente; propia, fotografía de la prueba de la botella que se realizó)

✓ **Prueba de plasticidad (Prueba del rollo).** -

Esta prueba nos sirve para determinar los componentes que predominan en la tierra, es decir si contiene mayor arena, limos o arcillas.

Consiste en formar rollos con la tierra húmeda de 1.5 de diámetro aproximadamente, enrollarlas hasta conseguir romperlas para luego medir la longitud donde se rompió.

Se presentan tres casos para determinar el tipo de tierra que es:

- **Tierra arenosa (Inadecuada).** –  
El rollo tiende a romperse antes de alcanzar una longitud de 5 cm.
- **Tierra arcilla-arenosa (Adecuada).** -  
El rollo tiende a romperse al alcanzar una longitud entre 5 y 15 cm.
- **Tierra arcillosa (Inadecuada).** -  
Cuando el rollo no se rompe alcanzando una longitud mayor de 15 cm.



Figura 38. Prueba de plasticidad (prueba del rollo) (Fuente; Propia, fotografía de la prueba del rollo que se realizó)

✓ **Prueba de resistencia (Prueba de la bolita seca).** -

La prueba de la bolita seca consiste en elaborar tres o más bolitas pequeñas de tierra húmeda de 2 cm de diámetro aproximadamente, para luego dejarlas secar por 24 horas.

Pasado un día del secado de la bolita se procede a aplastarlas con los dedos pulgar e índice. Si las bolitas son fuertes y resisten al ser aplastadas, quieren decir que el suelo tiene suficiente arcilla para ser usado en la elaboración de adobes. Y si las bolitas se rompen con gran facilidad, quiere decir que el suelo no es apto, ya que le falta arcilla y no deberá usarse para elaborar adobes.





Figura 39. Prueba de resistencia (prueba de la bolita seca) (Fuente; Propia, fotografía de la prueba de la bolita seca que se realizó)



Figura 40. Prueba de campo de la resistencia de la bolita seca (Fuente; Propia, fotografía de la prueba de la bolita seca que se realizó)

### 5.1.2. Extracción de la savia de nopal.

Procedimiento de extracción de la savia de nopal:

- Primero, se extrae los nopales y se eliminan todas las espinas.



Figura 41. Extracción de nopales y sacado de espinas para su posterior uso (Fuente; Propia, fotografía de la extracción de los nopales)

- Segundo, se procede a lavar los cladodios o pecas del nopal.



Figura 42. Lavado de los nopales (Fuente; Propia, fotografía del lavado de los nopales)

- Tercero, se procede a pesar cada penca de nopal, en especial las pencas grandes y las medianas, donde las grandes pesan entre 1 kilo, mientras que las medianas pesan ½ kilo.



Figura 43. Se pesa los nopales (Fuente; Propia, fotografía de peso obtenido de los nopales)

- Cuarto, se procede a tomar las medidas de cada penca cada penca de nopal, grandes y medianas, donde los cladodios grandes llegan a medir hasta 40 cm a más con un ancho de 20 cm y un espesor de 2 cm, mientras que las medianas llegan a medir hasta 30 cm con un ancho de 15 cm y un espesor de 2cm.



Figura 44. Medidas del largo, ancho y espesor de los cladodios del nopal (Fuente; Propia, fotografía de las medidas morfométricas de los cladodios de los nopales)

- Quinto, se procede a trozar las pencas de los nopales en cuadrados y abrirlos por la mitad para una mayor segregación de la savia de nopal.



Figura 45. Troceado de los nopales (Fuente; Propia, fotografía del troceado de las pencas en cuadrados)

- Sexto, se procede a echar en un recipiente los trozos de las pencas de los nopales.



Figura 46. Almacenamiento de los nopales picados en un recipiente (Fuente; Propia, fotografía de las pencas de nopales almacenadas en un recipiente)

- Séptimo, se procede a agregar agua al recipiente que contiene los trozos de las pencas y dejarlo macerar por 18 días.



Figura 47. Macerado del nopal (Fuente; Propia, fotografía del proceso de macerado del nopal para la obtención de la savia)

- Luego, se procede a realizar el filtrado del macerado del nopal, para la obtención de la savia.



Figura 48. Extracción de la savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía del filtrado y/o colación de las pencas de nopal macerado para la obtención de la savia de nopal)

- Por último, se procede a almacenar la savia de nopal.



Figura 49. Ya extraído la savia de nopal se almacena en un recipiente para su posterior uso (Fuente; Propia, fotografía de la obtención de la savia)

### 5.1.3. Preparación de los testigos de adobes con la inserción de la savia de nopal en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%.

Se elaboraron adobes de 30x15x10 cm con la inserción de la savia de nopal en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9%.

Procedimiento de elaboración del adobe con savia de nopal:

En primer lugar, se realiza el cálculo de la cantidad de tierra que entrará en un bloque de adobe de 30x15x10 cm, para ello se mide el volumen de la adobera o molde. En este caso el volumen es igual a 0.0045 m<sup>3</sup>.

Tabla 12 *Cantidad de tierra a utilizar*

<b>Cantidad de Tierra para 01 adobe</b>		
<b>Adobera + Tierra</b>	=	7.500 kg
<b>Adobera</b>	=	0.500 kg
<b>Tierra</b>	=	7.000 kg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13 *Cantidad de tierra*

<b>Cantidad de Tierra para 05 adobes</b>	
<b>Tierra (para 01 adobes)</b>	= 7.00 Kg
<b>Tierra (para 50 adobes)</b>	= 350.00 Kg

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se realiza el cálculo de la cantidad de savia de nopal en litros que entrara al barro según cada porcentaje mencionado.

Cabe mencionar que para un bloque de adobe de 7.00 Kg de tierra se requiere 2 litros de agua para formar el barro, por ello se deberá de restar la cantidad de savia que se le añadirá a la mezcla. Asimismo, ingresa 40 g de paja esta ayuda a que no se produzcan rajaduras en el adobe.



Figura 50. Dosificación de la savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía de la savia)

Tabla 14 *Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 3%.*

<b>CANTIDAD DE SAVIA DE NOPAL PARA 3%</b>		
<b>Peso de la tierra</b>	7kg -----	100%
<b>Adición de savia</b>	X -----	3%
		<b>=210 ml = 0.21 lt</b>

Fuente: Elaboración propia.

Entonces para un bloque de adobe con 3% de savia, ingresará 1790 ml de agua.

Tabla 15 *Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 5%.*

<b>CANTIDAD DE SAVIA DE NOPAL PARA 5%</b>		
<b>Peso de la tierra</b>	7 -----	100%
	X -----	5%
		<b>= 350 ml = 0.35 lt</b>

Fuente: Elaboración propia.

Entonces para un bloque de adobe con 5% de savia, ingresará 1650 ml de agua.

Tabla 16 *Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 7%.*

<b>CANTIDAD DE SAVIA DE NOPAL PARA 7%</b>		
<b>Peso de la tierra</b>	7 -----	100%
	X -----	7%
		<b>= 490 ml = 0.49 lt</b>

Fuente: Elaboración propia.

Entonces para un bloque de adobe con 7% de savia, ingresará 1510 ml de agua.

Tabla 17 *Cantidad de savia de nopal en litros que se añade al barro en un 9%.*

<b>CANTIDAD DE SAVIA DE NOPAL PARA 9%</b>		
<b>Peso de la tierra</b>	7 -----	100%
	X -----	9%
		<b>= 630 ml = 0.63 lt</b>

Fuente: Elaboración propia.

Entonces para un bloque de adobe con 9% de savia, ingresará 1370 ml de agua.



En tercer lugar, teniendo en cuenta las cantidades a echar la mezcla, se procede a preparar el barro mencionado de agua y savia de nopal.



Figura 51. Preparación del barro para un bloque de adobe (Fuente; Propia, fotografía del barro)

En cuarto lugar, se procede a mezclar los componentes del adobe como: la paja, la tierra, el agua y savia de nopal en los porcentajes mencionados.



Figura 52. Mezclado de los componentes del adobe (Fuente; Propia, fotografía de la mezcla del adobe)

En quinto lugar, se procede a moldear la mezcla en la adobera.



Figura 53. Proceso de moldeo de la mezcla (Fuente; Propia, fotografía del proceso de moldeo)

Por último, se procede a tender los adobes para su posterior secado. Cabe mencionar que el lugar de secado debe de estar libre de impurezas orgánicas o sales.



Figura 54. Tendido y secado de los adobes (Fuente; Propia, fotografía de las unidades de adobes ya secas)

## 5.2. Ensayos de laboratorio

### 5.2.1. Ensayos de Granulometría

#### 5.2.1.1. Análisis granulométrico del suelo por tamizado

El ensayo de granulometría consiste en realizar movimientos circulares a un conjunto de tamices con diferentes números de mallas que contienen una cantidad de muestra de tierra, todo esto con la finalidad de determinar el rango de los tamaños y cantidad de partículas que pasa o retiene cada malla. (NTP 339.128 1999).

(Braja, 2001) Nos menciona: que el análisis por cribado consiste en sacudir la muestra de suelo a través de un conjunto de mallas que tienen aberturas progresivamente más pequeñas. Los números de las mallas estándar con sus tamaños de aberturas se dan en la **tabla 18**.

Tabla 18 *Diámetro nominal de las partículas.*

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg.)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
<b>9,5 (3 /8")</b>	500
<b>19,6 (3/4")</b>	1000
<b>25,7 (1")</b>	2000
<b>37,5 (1 1/2")</b>	3000
<b>50,0 (2")</b>	4000
<b>75,0 (3")</b>	5000

Fuente: Libro "Fundamentos de ingeniería geotecnia" de Braja M. Das (2001).

Primero el suelo se tiene que secar en el horno, y luego todos los granos se disgregan en partículas pequeñas antes de ser pasados por las mallas. Se dan movimientos giratorios al conjunto de mallas, o con un vibrador de mallas. La figura 52. Muestra en un conjunto de estas en un vibrador de mallas usado para llevar a cabo la prueba en el laboratorio. Después de que el periodo de vibración concluye, se determina la masa del suelo retenido en cada malla, cuando se analizan suelos cohesivos. (Braja, 2001).

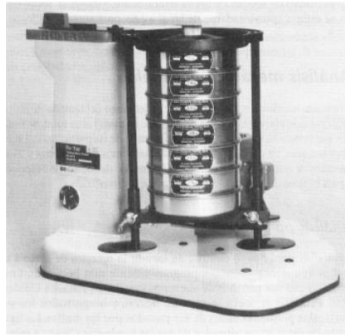


Figura 55. Conjunto de mallas para el ensayo de granulometría (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotecnia” de Braja M. Das (2001))

## PROCEDIMIENTO DEL ANALISIS GRANULOMETRICO

SEGÚN (MANUAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA SUELOS I DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE, 2019)

Equipos y materiales:

### Equipos utilizados:

Se utiliza una balanza con sensibilidad de 0.1 g para pesar material. Un horno con la cual se pueda secar las muestras a tamizar, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$ ).

### Materiales utilizados:

Tamices de malla de:

MALLA N°.	ABERTURA (mm)	MALLA N°.	ABERTURA (mm)
4	4.75	50	0.3
6	3.35	60	0.25
8	2.36	80	0.18
10	2	100	0.15
16	1.18	140	0.106
20	0.85	170	0.088
30	0.6	200	0.075
40	0.425	270	0.053

Figura 56. Tamaños de Mallas estándar (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotecnia” de Braja M. Das (2001))

A parte de los tamices, se necesitará recipientes para la colocación de las muestras, también se utilizarán brochas con las que se podrán limpiar los tamices



Figura 57. Muestra de los tamices de zarandeo (Fuente; Propia, fotografía de los tamices de zarandeo)

Procedimiento para realizar el ensayo granulométrico por lavado:

- En primer lugar, se cuartea y pesa la muestra húmeda que será analizada en este ensayo.
- En segundo lugar, se procede a remojar toda la muestra.
- En tercer lugar, se lava la muestra cuidadosamente sobre el tamiz N°200.
- Después del lavado se coloca la muestra sobre un recipiente, la cual será llevada al horno a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$ ) para su posterior secado.
- Finalizado el secado en el horno se procede a pesar la muestra seca.
- Luego de obtener el peso seco de la muestra, se procede a colocar la muestra sobre los tamices, en la cual se harán movimientos circulares con la finalidad de hacer pasarlas sobre las diferentes mallas.
- Se procede a tomar los pesos retenidos de cada malla.
- Finalmente, se procede a calcular el porcentaje retenido de cada malla.

(ASTM D-422, AASHTO T88, J.E. Bowles, MTC E 107-2000).

Procedimiento del ensayo granulométrico realizado en el laboratorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae:

✓ Cuarteo de la muestra.



Figura 58. Cuarteo de la tierra a utilizar (Fuente; Propia, fotografía del cuarteo de la muestra en el laboratorio)

✓ Lavado de la muestra.



Figura 59. Lavado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del lavado de la muestra de la tierra a utilizar)

✓ Lavado de la muestra.



Figura 60. Lavado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del lavado de la muestra a tamizar)

✓ Pesar la muestra.



Figura 61. Peso de la muestra (Fuente; Propia, fotografía peso de la muestra a tamizar)

- ✓ Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.



Figura 62. Secado de la muestra en el horno (Fuente; Propia, fotografía de la muestra que tiene que secar en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C)

- ✓ Secar la muestra seca del horno.



Figura 63. Muestra seca (Fuente; Propia, fotografía de la muestra secada en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C)



✓ Tamizar la muestra seca.



Figura 64. Muestra a tamizar (Fuente; Propia, fotografía de la muestra a tamizar)

✓ Tamizar la muestra seca.



Figura 65. Tamizado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del tamizado de la muestra)

- ✓ Finalmente se toma nota de los pesos retenidos en cada malla.



Figura 66. Muestra de cada material retenido en las diferentes mallas (Fuente: Propia, fotografía del tamizado de la muestra)

El desarrollo de los datos obtenidos del ensayo de granulometría, se mostrarán en los anexos de la investigación. (Ver Anexo N° 2)

### 5.2.2. Ensayos de contenido de humedad

Contenido de humedad, es la relación que existe del peso del agua entre el peso de los sólidos de un suelo. En el cual determina la cantidad de agua que posee una muestra de suelo, con respecto al peso seco de la muestra. (Quintana y Vera, 2017).

$$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{Peso Original de la Muestra} - \text{Peso Seco}}{\text{Peso Seco}} * 100$$

Procedimiento del ensayo de contenido de humedad realizada en el laboratorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae:

- ✓ Se cuartea la muestra



Figura 67. Cuarteo de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del cuarteo de la muestra)

- ✓ Se lleva a pesar la muestra húmeda.



Figura 68. Peso de la muestra húmeda (Fuente; Propia, fotografía del peso de la muestra)

- ✓ Se lleva la muestra húmeda al horno por 24 horas



Figura 69. Secado de la muestra en el horno (Fuente; Propia, fotografía del peso de la muestra)

- ✓ Finalmente, se saca del horno la muestra después de 24 horas de secado y se vuelve a pesar la muestra seca.



Figura 70. Peso de la muestra seca (Fuente; Propia, fotografía del peso de la muestra seca)

El desarrollo de los datos obtenidos del ensayo contenido de humedad, se mostrarán en los anexos de la investigación. (Ver Anexo N°. 3)

### 5.2.3. Límites de Atterberg

La presencia de arcilla en suelos de granos finos, hace referencia a los suelos cohesivos, ya que la arcilla al estar en contacto con el agua tiende a absorberla. Es por ello, que el científico Albert Mauritz Atterberg descubrió un método para describir la consistencia de los suelos con contenidos de granos finos y agua.

Cuanto mayor sea la cantidad de agua que contenga un suelo, menor será la interacción entre sus partículas, siendo así que el suelo fluiría como un líquido. Y cuanto menor sea la cantidad de agua que contenga un suelo, habrá mayor interacción entre sus partículas asíéndolas más trabajables. Es por ello, que hoy en día se les conoce como: Límite líquido y Límite Plástico. (“Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil” de Joseph Bowles, 1981). (Bowles, 1981)

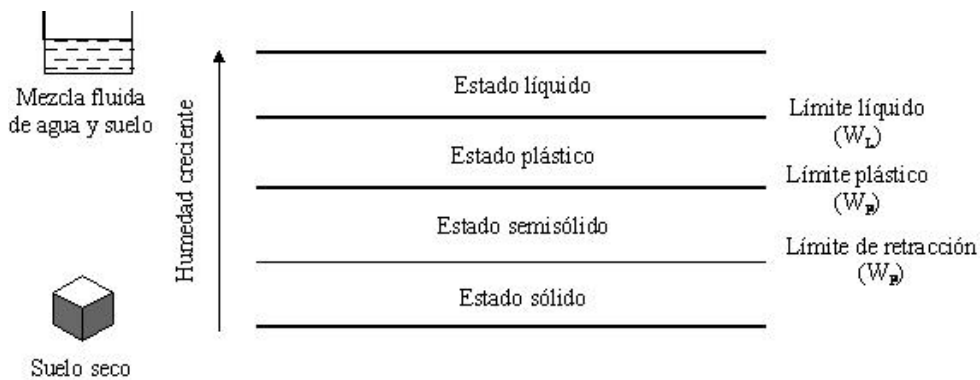


Figura 71. Límites de Atterberg (Fuente; Recuperado de “Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil” de Joseph Bowles)

#### 5.2.3.1. Límite líquido

El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo.

Es la frontera comprendida entre los estados Semilíquido y Plástico, definiéndose como el contenido de humedad que requiere un suelo previamente remoldeado, en el que al darle una forma trapecial sus taludes fallen

simultáneamente, cerrándose la ranura longitudinalmente 13mm., sin resbalar sus apoyos, al sufrir el impacto de 25 golpes consecutivos, con una frecuencia de 2 golpes por segundo, en la Copa de Casagrande, teniendo una altura de caída de 1 cm.

El Límite Líquido, se define también como el contenido de humedad que requiere un suelo para presentar una resistencia al esfuerzo cortante de aproximadamente 25 gr/cm (Bowles, 1981).

## **EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS**

SEGÚN (MANUAL DE ENSAYOS DE LABORATORIO DE MECANICA SUELOS I DE LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE, 2019):

- ✓ Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½”) de diámetro aproximadamente.
  
- ✓ Espátula.
  
- ✓ Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
  
- ✓ Acanalador.
  
- ✓ El calibrador puede tener una longitud de dos pulgadas aproximadamente.
  
- ✓ Los recipientes donde se pesarán las muestras realizadas deben tener tapas.
- ✓ Balanza.
  
- ✓ Un horno para secar la muestra.



Figura 72. Materiales para realizar el ensayo del límite líquido (Fuente; Recuperado del manual de ensayos de laboratorio de suelos I de la Universidad Católica Sedes Sapientiae)

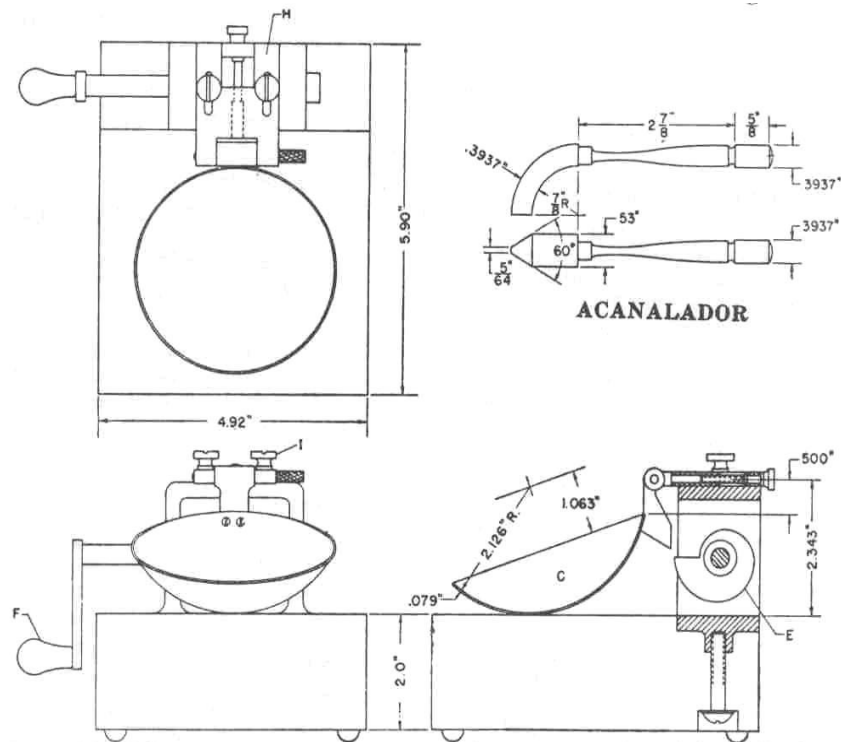


Figura 73. Cuchara de Casagrande (Fuente; Recuperado de “Manual de laboratorio de Suelos de Ingeniería Civil” de Joseph Bowles)

### Procedimiento del ensayo de límite líquido:

- ✓ Tamizar la muestra por la malla N°40



Figura 74. Muestra tamizada en la malla N°40 (Fuente; Propia, fotografía de la muestra que pasa la malla N°40)

- ✓ Colocar la muestra tamizada en un recipiente, mezclar completamente con 15 a 20 ml de agua, agitándola y amasándola completamente.



Figura 75. Mezcla de la muestra fina con agua (Fuente; Propia, fotografía de la mezcla)

- ✓ Colocar y untar la muestra en la cazuela de la Casagrande, después de ello, dar unos ligeros golpes en la cazuela de bronce para que se produzca el cierre, siempre contando la cantidad de golpes que se está realizando a la cazuela.





Figura 76. Colocación de la mezcla en la cazuela Casagrande (Fuente; Propia, fotografía de la muestra colocada en la cazuela Casagrande)

- ✓ Dividir la muestra que se encuentra en la cazuela en tres partes con la ayuda del acanalador, para luego sacar cuidadosamente la muestra de la parte central.

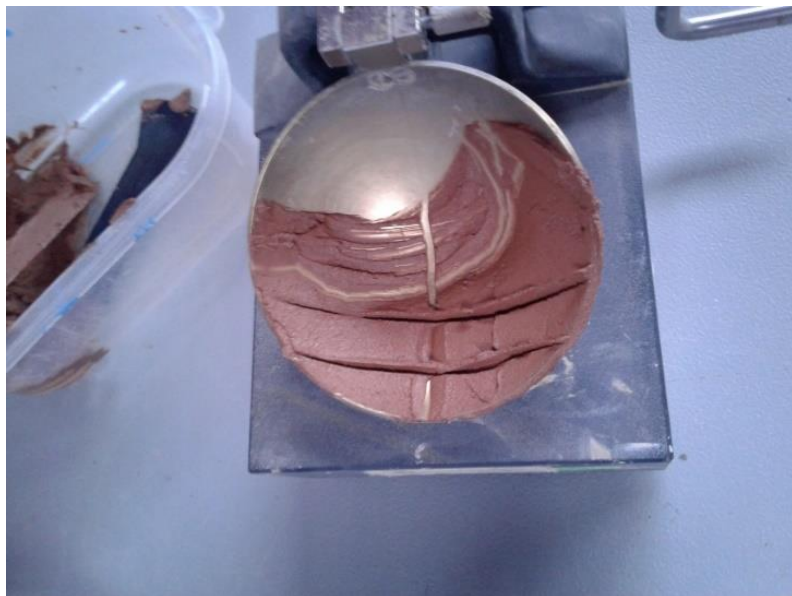


Figura 77. División de la muestra en la cazuela (Fuente; Propia, fotografía de la muestra dividida en la cazuela Casagrande)

- ✓ Sacar una tajada de la muestra aproximadamente del ancho de la espátula, luego colocarla en un recipiente, para finalmente ser pesada en la balanza. Anotar los pesos húmedos antes de llevarlos al horno y después hacerlos secar para obtener el peso seco de la muestra.



Figura 78. Muestras del ensayo de límite líquido (Fuente; Propia, fotografía de las muestras del ensayo de límite líquido)

#### 5.2.4. Ensayo del límite plástico

Es el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semilíquido y plástico expresado en porcentaje.

La prueba es simple de realizar, dado que se enrolla con las manos una masa de suelo en forma elipsoidal sobre una mesa. (Bowles, 1981).

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

#### Procedimiento:

- ✓ Se moldea la mitad de la muestra, luego se enrolla con las manos una masa de suelo en forma elipsoidal sobre una mesa.



Figura 79. Enrollado de la muestra (Fuente; Propia, fotografía del ensayo del límite plástico)

- ✓ Colocar el rollo en uno de los recipientes para luego pesar y anotar el peso húmedo del rollo.



Figura 80. Muestras del ensayo de limite plástico (Fuente; Propia, fotografía del ensayo del límite plástico)

- ✓ Llevar el recipiente contenido con el rollo al horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C por 24 horas y finalmente pesar la muestra seca.

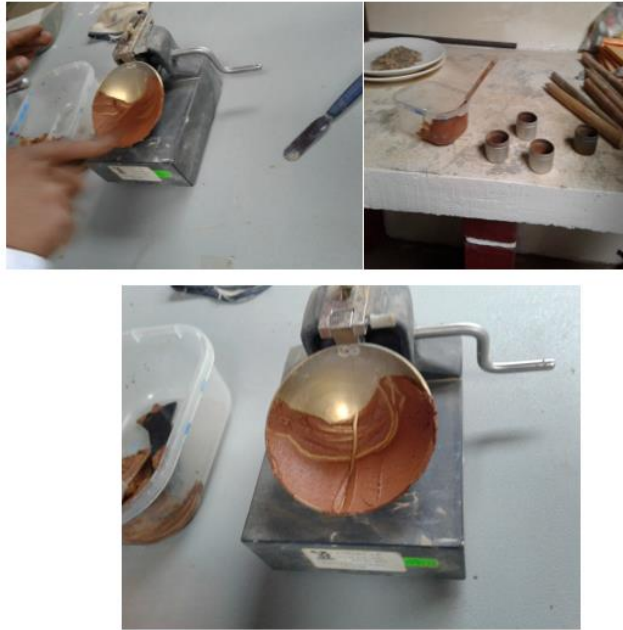


Figura 81. Ensayo de limite plástico (Fuente; Propia, fotografía del ensayo de limite plástico realizado en el laboratorio)

El desarrollo de los datos obtenidos del ensayo limite líquido y limite plástico, se mostrarán en los anexos de la investigación. (Ver Anexo N.º 5)

#### 5.2.4.1. Índice de plasticidad ( $I_p$ )

El índice de plasticidad se obtiene restando los porcentajes entre el límite líquido y el límite plástico obtenidos de la muestra de un suelo. (Bowles, 1981).

Y se calcula así:

$$I_p = LL - LP$$

#### 5.2.5. Ensayo de peso específico del suelo

Ensayo normalizado para el peso específico ASTM C128/ NTP 400.022

##### Procedimiento del peso específico del suelo:

- ✓ Primero, se toma una pequeña muestra de 500g de tierra, se pesa para luego secar la muestra humedad en el horno por 24 horas.



Figura 82. Toma de 500 g de tierra como muestra (Fuente; Propia, fotografía de la muestra húmeda)



Figura 83. Peso de la muestra húmeda (Fuente; Propia, fotografía de la muestra húmeda)

- ✓ Segundo, se toma el peso de la muestra seca + el peso de la fiola.



Figura 84. Muestra seca dentro de la fiola (Fuente; Propia, fotografía de la muestra seca dentro de la fiola)

- ✓ Por último, se toma el peso de la muestra seca + el peso de la fiola + peso del agua, para posterior después de girar la fiola por 15 min y vaciarlo a un recipiente y ponerlo a secar en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, por 24 horas.



Figura 85. Ensayo de Peso específico del suelo (Fuente; Propia, fotografía de la muestra seca dentro de la fiola)

El desarrollo de los datos obtenidos del ensayo de peso específico, se mostrarán en los anexos de la investigación. (Ver Anexo N° 4)

### 5.2.6. Ensayo de Absorción

Los ensayos de absorción se harán de acuerdo a lo indicado en las Normas NTP 399.604 y 399.613.

(NORMA TECNICA E. 070, 2006)

La Prueba de Absorción tiene por objetivo conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras, obtendremos un índice que refleje la capacidad de absorción de agua de los especímenes ante 6, 12, 18 y 24 horas de inmersión en agua.

Cabe reiterar que la NTP 399.613 requiere que la prueba de absorción se realice con medías unidades como especímenes de prueba, ya que como mencionamos estas pruebas están destinadas a unidades de arcilla las cuales fácilmente pueden ser divididas en medías unidades. Las unidades designadas para la prueba serán sometidas a un secado uniforme en un horno estándar por un lapso de 24 horas a una temperatura de 110 °C. Este procedimiento se realiza con la finalidad de eliminar la humedad natural contenida en dichos especímenes para obtener un resultado basado únicamente en la absorción de agua producto de la inmersión de las muestras. (Quintana & Vera, 2017).

A continuación, se procede a pesar los testigos de adobes secos con la inserción de 3%, 5%, 7% y 9% de savia de nopal. Luego se preparan las bandejas en los cuales se sumergirán los testigos de adobes, con el objetivo que estas estén sumergidas en su totalidad por un periodo de 6, 12, 18 y 24 horas. Al cabo de los tiempos mencionados, se sacan los testigos y se vuelven a pesar.

Finalmente calculamos la absorción de cada testigo de adobe con la siguiente expresión:

$$\% \text{ de absorcion} = \frac{100(b - a)}{a}$$

Donde:

- ✓ a, es el peso del adobe en estado seco;
- ✓ b, es el peso del ladrillo en estado saturado de agua.

(ENCISO PERALTA, 2015)

### Procedimiento del ensayo de Absorción en adobes:

- Primero, se toman los pesos secos de los testigos de los adobes con los diferentes porcentajes de inserción de savia.



Figura 86. Pesos secos de los testigos de adobes (Fuente; Propia, fotografía del peso seco del adobe con la inserción de 9% de savia de nopal)

- Segundo, se procede a preparar las bandejas donde serán sumergidas los testigos de adobes.



Figura 87. Colocación de los testigos de adobes en la bandeja (Fuente; Propia, fotografía de los testigos antes de ser sumergidas)



- Tercero, se procede a colocar los testigos de adobes con la inserción de 0%, 3%, 5%, 7% y 9% de savia y luego sumergirlas en su totalidad por un periodo de 6, 12, 18 y 24 horas.



Figura 88. Adobes sumergidos en agua (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua)



Figura 89. Sumergiendo los adobes en agua (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua)



Figura 90. Sumersión de los testigos por un periodo de 6 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 6 horas)



Figura 91. Sumersión de los testigos por un periodo de 12 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 12 horas)



Figura 92. Sumersión de los testigos por un periodo de 18 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 18 horas)



Figura 93. Sumersión de los testigos por un periodo de 24 horas (Fuente; Propia, fotografía de los testigos sumergidos en agua por 24 horas)

- Finalmente, se procede sacar los testigos y tomar los pesos saturados en agua.



Figura 94. Retirado de los testigos de adobes de la bandeja con agua (Fuente; Propia, fotografía del retiro de los testigos de la bandeja)



Figura 95. Retiro de los testigos de la bandeja con agua (Fuente; Propia, fotografía del retiro de los testigos de la bandeja)



Figura 96. Peso del testigo saturado en agua (Fuente; Propia, fotografía del peso saturado en agua del testigo de adobe)

El desarrollo de los datos obtenidos del ensayo de absorción en los adobes, se mostrarán en los anexos de la investigación. (Ver Anexo N°. 6)

#### **5.2.7. Ensayo de Erosión Acelerada en adobes**

Con este ensayo lo que se pretende estudiar es el comportamiento de las unidades de adobes ante la erosión de su superficie ocasionada por el contacto continuo de gotas de agua en una de las caras de las unidades de adobes, representando las consecuencias de una lluvia fuerte y prolongada. De esta manera se podría comparar los resultados en cada uno de los casos, verificando cuál de las unidades de adobe resultaba más erosionable. (Quintana & Vera, 2017, p.73).

De acuerdo a Mosquera (2016) citado en Quintana & Vera (2017) “Para el diseño de este ensayo, se tuvo como guía lo establecido en la UNE 41410:2008, Bloque de tierra comprimida para muros y tabiques. Basado en el ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET)” (p.73).

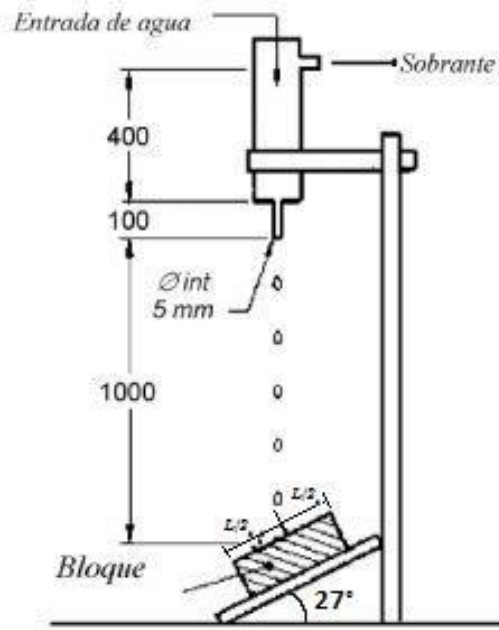


Figura 97. Equipo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET) (Fuente; Recuperado de norma UNE 41410:2008, Bloque de tierra comprimida para muros y tabiques” (2008))

Las herramientas y materiales utilizados en la construcción del equipo

Los cuales se describen a continuación según la Norma Española UNE, 2008:

- Madera de 1 pulgada de espesor: Se utilizó para la construcción de las bases del tanque de almacenamiento y soporte de colocación del adobe a ensayar.
- Tubería PVC: Se utilizó para la construcción del tanque de almacenamiento, de 4 pulgadas de diámetro, y como medio de conexión de entrada y rebose del mismo, de 0,5 pulgadas de diámetro.
- Manguera: Se utilizó como medio de conexión de entrada del fluido al tanque de almacenamiento y como un medio de rebose del mismo tanque.
- Conexiones de PVC: Utilizados para conectar la tubería de entrada y de rebalse al tanque de almacenamiento.

- Estructura metálica: Utilizado como marco de soporte del equipo a utilizar en el ensayo para sostener la tubería de almacenamiento.
- Hule: reciclado de neumático de vehículo. Con el que se elaboraron los empaques que se colocaron en la entrada y rebalse del tanque de almacenamiento, con el fin de asegurar la colocación de los accesorios en dichos puntos. Así también, evitar la salida de fluido por los mismos.
- Sorbete: Sorbete de 10 cm de largo y 5 mm de diámetro. Utilizado como salida del fluido del tanque de almacenamiento.
- Tapón PVC de 4” pulgadas: tapón de PVC para la parte superior e inferior de la tubería de 4“. El tapón PVC se utilizó como fondo de dicho tanque.
- Pegamento: se utilizó pegamento para tubería de PVC para la unión de la tubería de entrada y de rebose.

(Quintana & Vera, 2017, p.75).



Figura 98. La construcción del equipo de Ensayo de Erosión Acelerada similar al de Swinburne (SAET) (Fuente; Propia, fotografía de la construcción del equipo del ensayo de Erosión Acelerada similar al de Swinburne (SAET))

### **Procedimiento del ensayo de Erosión Acelerada en los adobes:**

- ✓ Primero, se procede a tomar los pesos secos de los testigos de adobes con la inserción de 0%, 3%, 5%, 7% y 9% de savia.



Figura 99. Pesos secos de los testigos (Fuente; Propia, fotografía del peso seco del adobe con la inserción de 9% de savia de nopal)

- ✓ Segundo, se procede a colocarlos los testigos de adobes con los diferentes porcentajes de inserción de la savia de nopal por periodos de 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, y 25 min en el Equipo del Ensayo de Erosión Acelerada.



Figura 100. Ensayo de Erosión Acelerada en adobes (Fuente; Propia, fotografía del Ensayo de Erosión Acelerada)

- ✓ Tercero, se procede sacar el testigo del Equipo del Ensayo de Erosión Acelerada.





Figura 101. Retiro del testigo de adobe del Equipo de Erosión Acelerada (Fuente; Propia, fotografía del retiro del testigo de adobe del equipo)

- ✓ Finalmente, se procede a tomar el peso saturado en agua y la medida de erosión que sufrió el testigo.

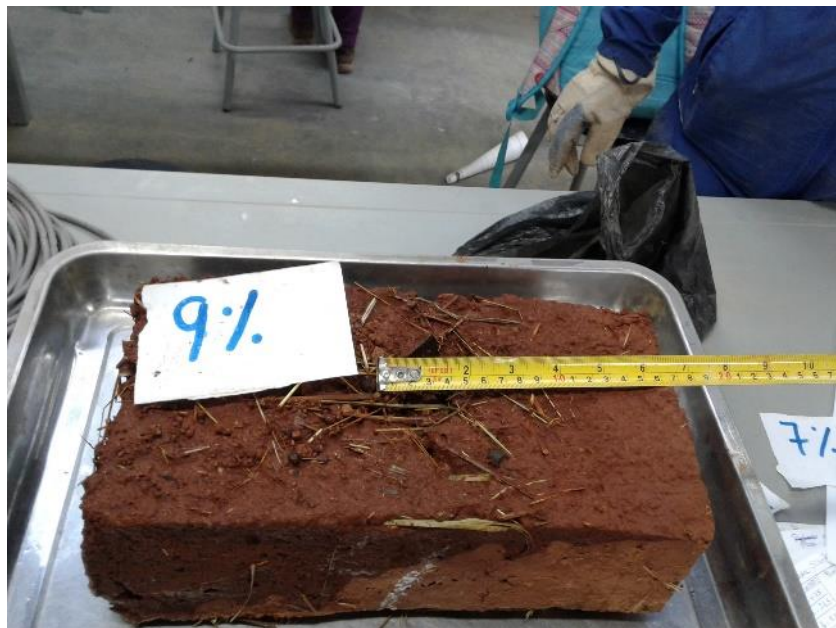


Figura 102. Tomas de las medidas de erosión que sufrió el testigo (Fuente; Propia, fotografía de la medida de erosión que sufrió un testigo de adobe)

El desarrollo de los datos obtenidos del ensayo de Erosión Acelerada en los adobes, se mostrarán en los anexos de la investigación. (Ver Anexo N°. 7)

## **Capítulo VI**

### **Análisis costo/beneficio**

#### **6.1. Beneficios no financieros**

El material que se requiere para la elaboración del adobe se encuentra al alcance del poblador sin costo alguno. Asimismo, para la obtención de la planta de nopal, ya que esta planta es fácil de encontrar debido a que crece en abundancia en las partes altas de los cerros.

#### **6.2. Evaluación del Impacto social y/o ambiental**

En la fabricación de adobes el impacto ambiental es bajo, debido a que son elaboradas manualmente, sin hacer uso de máquinas industrializadas que generan mayor contaminación, es más el secado del adobe es bajo sol. (Palma, 2009).

El adobe por ser un material de construcción constituido por materiales presentes naturalmente en el medio, puede tener una reintegración total en la naturaleza una vez que la vivienda ya haya pasado su vida útil. Es por ello, que el desmonte que queda, muchas veces puede ser reutilizado para la elaboración de adobes, provocando un menor impacto ambiental. Por el contrario, otros materiales como el ladrillo, el hormigón/concreto y el cemento no pueden

reintegrarse a la naturaleza una vez que las construcciones hechas con estos materiales hayan perdido su función. (Sara & Champi, 2016).

### 6.3. Evaluación Económica – Financiera

Hoy en día el costo de un bloque de adobe en la ciudad de Tarma cuesta entre S/ 0.80 y S/ 1.00 cada uno. Pero cabe mencionar que es el costo de un adobe simple tradicional.

Por ello en esta investigación se pretende elaborar adobes resistentes al agua y a la humedad, esto consiguiéndolo con un aditivo natural.

En ese sentido, gracias a las propiedades impermeabilizantes que tiene la planta de nopal (Penca) y su fácil acceso, se elaboraron adobes de 30x15x10 cm de dimensiones con la inserción de la savia de nopal.

Asimismo, también se busca que los pobladores comerciantes de adobes utilicen este aditivo natural como opción para mejorar las propiedades físicas de los adobes sin elevar el precio de los adobes estabilizados con este aditivo natural.

Haciendo un cálculo del presupuesto de cuánto costaría un bloque de adobe con mayor porcentaje de inserción de la savia de nopal. A continuación, se obtiene los siguientes datos:

- El costo de un bloque de adobe con la inserción de savia de nopal, (aditivo natural).

<b>Presupuesto</b>					
Presupuesto	1201002	APLICACION DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA - TARMA 2019			
Subpresupuesto	001	BLOQUE DE ADOBE			
Cliente	UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE			Costo al	29/10/2017
Lugar	JUNIN - TARMA - TARMA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04	BLOQUE DE ADOBE				1.15
	ADOBE DE TIERRA	und	1.00	1.15	1.15
	<b>Costo Directo</b>				<b>1.15</b>
	SON : UNO Y 15/100 NUEVOS SOLES				

Figura 103. Presupuesto de un bloque de adobe estabilizado con mayor porcentaje de inserción de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia)

- Análisis de Costos Unitarios de un bloque de adobe con la inserción de savia de nopal.

S10

Página: 1

### Análisis de precios unitarios

Presupuesto		1201002 APLICACION DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA - TARMA 2019			Fecha presupuesto		29/10/2017
Subpresupuesto		001 BLOQUE DE ADOBE					
Parída		ADOBE DE TIERRA					
Rendimiento	und/DIA	MO.260.0000	EQ.260.0000	Costo unitario directo por : und			1.15
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0308	8.00	0.25	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0615	5.00	0.31	
							<b>0.56</b>
<b>Materiales</b>							
0207050001	TIERRA	m3		0.0300	1.00	0.03	
0207070001	AGUA	m3		0.0200	0.50	0.01	
0213010004	PAJA	kg		0.0400	0.20	0.01	
0215040001	ADOBERA	und		0.0300	5.00	0.15	
0279010028	SAVIA	l		0.6300	0.60	0.38	
							<b>0.58</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		1.0000	0.56	0.01	
							<b>0.01</b>

Figura 104. El análisis de Costos Unitarios de un bloque de adobe estabilizado con savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia)

## **Capítulo VII**

### **Resultados, conclusiones y recomendaciones**

#### **7.1. Resultados**

##### **7.1.1. Resultados de las pruebas en campo para determinar si el suelo es apto para su uso.**


Una vez terminado las pruebas de campo para la selección de la tierra y determinar si el suelo es apto para su uso, se obtuvieron los siguientes resultados:

El suelo seleccionado logró pasar las pruebas de campo como:

- PRUEBA GRANULOMETRICA (Prueba de la botella)
- PRUEBA DE PLASTICIDAD (Prueba del rollo)
- PRUEBA DE RESISTENCIA (Prueba de la bolita seca)

(Ver tabla N° 19).

Tabla 19 Resultados de las pruebas de campo para la selección de la tierra.

	<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE</b>	
	<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>	
<b>Nombre del ensayo:</b>	Pruebas en campo para determinar si el suelo es apto para su uso	
<b>Pruebas</b>	<b>Resultados</b>	<b>Aprobado</b>
<b>Prueba granulométrica</b> (PRUEBA DE LA BOTELLA)	70 % de arena, 15% de limos, 15% de arcilla	✓
<b>Prueba de plasticidad</b> (PRUEBA DEL ENROLLADO)	La muestra enrollada se rompió a 5.5 cm.	✓
<b>Prueba de resistencia</b> (PRUEBA DE LA BOLITA SECA)	Las bolitas secas no se llegaron a romper usando solo los dedos.	✓

Fuente: Elaboración propia

### 7.1.2. Resultados de los ensayos realizados en el laboratorio.

#### 7.1.2.1. Resultados del ensayo granulométrico de la tierra.

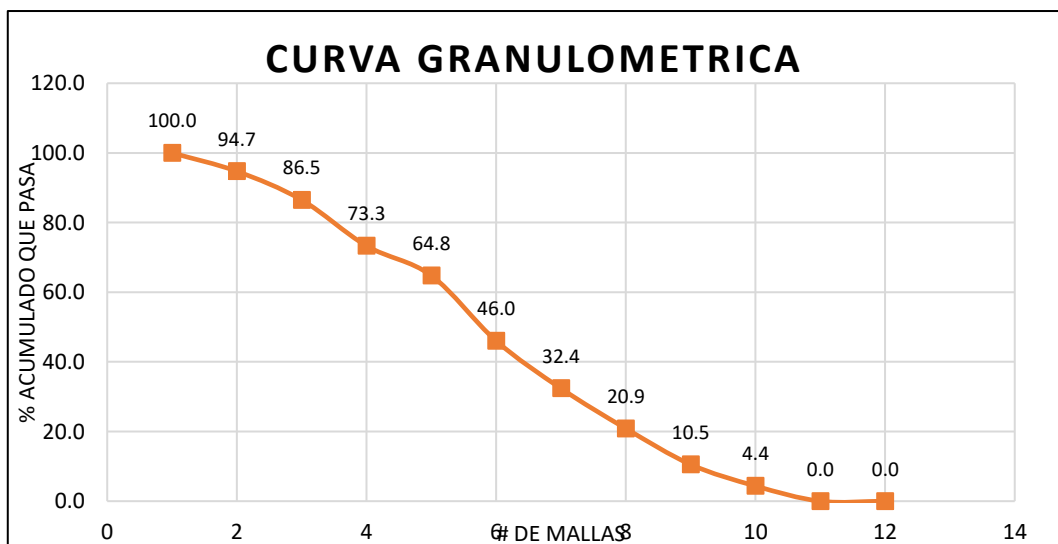



Figura 105. Curva granulométrica de suelo arenoso-arcilloso (Fuente; Elaboración Propia)

Al realizar la curva granulométrica del agregado fino y grueso, se pudo apreciar que la mayoría pasó por casi todos los tamices y se concluye que es un suelo arenoso-arcilloso. (Ver Anexo 2).

### 7.1.2.2. Resultado del ensayo de contenido de humedad del suelo.

Tabla 20 *Resultado del porcentaje de humedad del suelo.*

		<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
<b>Nombre del ensayo:</b>		Ensayo de contenido de humedad de suelo ASTM D2216 / NTP 339.127	
<b>Peso de suelo húmedo</b>	<b>Porcentaje de humedad (%)</b>	<b>Promedio de Porcentaje de humedad (%)</b>	
<b>Muestra N°01 = 775.97 g</b>	14.40	13.97%	
<b>Muestra N°02 = 901.70 g</b>	13.54		


Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el ensayo de contenido de humedad del suelo se obtiene 13.97% de humedad. (Ver Anexo 3).

### 7.1.2.3. Resultado del ensayo de Límite líquido y plástico.

Al finalizar el ensayo de Límite líquido y plástico se obtiene los siguientes resultados: (Ver Anexo 5).

Tabla 21 *Resultados del ensayo de límite líquido y plástico.*

		<b>UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
<b>Nombre del ensayo:</b>		Ensayo de limite líquido y plástico ASTM D4318 / NTP 339.129	
<b>Resultados:</b>			
<b>Límite líquido (%)</b>	39.97		
<b>Límite plástico (%)</b>	19.39		
<b>Índice de plasticidad</b>	20.48		

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.2.4. Resultado de la clasificación de suelos

Después de haber realizado los ensayos de límite líquido y plástico se obtuvieron, los siguientes datos con las cuales se podrán sacar el tipo de suelo al que pertenece, asimismo si el suelo es apto o no para elaborar adobes:

- Límite líquido (%) = 39.97
- Índice de plasticidad = 20.48

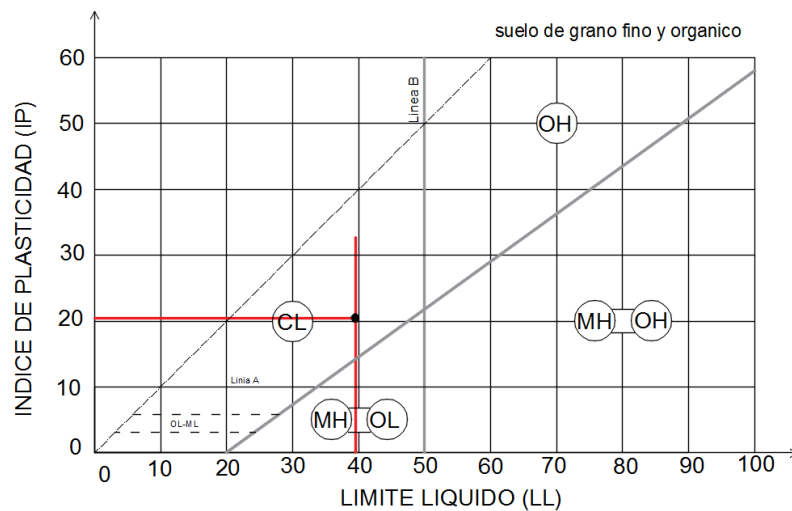


Figura 106. Cuadro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotécnica” de Braja M. Das (2001))

Como se puede observar es un suelo CL, es decir: tiene arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, por ello se concluye que es un suelo apto para elaborar adobes. Ya que tiene la relación de arcilla – arena está dentro de los parámetros que nos indica en la Norma E.080.



SUELOS DE GRANOS FINOS 50% o más pasa por el tamiz Nº 200	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido de 50% o inferior	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, suelos sin mucha arcilla.
		OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
	LIMOS Y ARCILLAS límite líquido superior a 50%	MH	Limos inorgánicos, arenas finas o limos micáceos o de dimensiones finas elásticos
		CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad alta o media
Suelos altamente orgánicos		PT	Turba, estiércol y otros suelos altamente orgánicos.

Figura 107. Cuadro del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Fuente; Libro “Fundamentos de ingeniería geotecnia” de Braja M. Das (2001))

#### 7.1.2.5. Resultados del ensayo de peso específico del suelo

Al finalizar el ensayo de peso específico del suelo se obtiene los siguientes resultados: (Ver Anexo 4).

Tabla 22 Resultados del ensayo de peso específico del suelo.

		UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
Nombre del ensayo:	Ensayo de peso específico del suelo ASTM C128 / NTP 400.022		
Resultados:			
<b>Peso específico de la masa</b>	1.96 g/cm <sup>3</sup>		

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.2.6. Resultados del ensayo de absorción en adobes.

Al finalizar el ensayo de absorción en adobes con la inserción en diferentes porcentajes de savia de nopal se pudo recolectar los siguientes datos:

Tabla 23 *Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 0% de savia de nopal.*

Nombre del ensayo:		Ensayo de absorción en adobes	
Testigo con 0% de savia	Hora	Peso seco (Kg)	Peso saturado (Kg)
<b>Adobe-1,0</b>	0 Hrs	6.505 kg	Desintegración total
<b>Adobe-2,0</b>	6 Hrs	6.500 kg	
<b>Adobe-3,0</b>	12 Hrs	6.495 kg	
<b>Adobe-4,0</b>	18 Hrs	6.500 kg	
<b>Adobe-5,0</b>	24 Hrs	6.489 kg	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24 *Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 3% de savia de nopal.*

Nombre del ensayo:		Ensayo de absorción en adobes	
Testigo con 3% de savia	Hora	Peso seco (Kg)	Peso saturado (Kg)
<b>Adobe-1,3</b>	0 Hrs	6.520 kg	Desintegración total
<b>Adobe-2,3</b>	6 Hrs	6.500 kg	
<b>Adobe-3,3</b>	12 Hrs	6.515 kg	
<b>Adobe-4,3</b>	18 Hrs	6.500 kg	
<b>Adobe-5,3</b>	24 Hrs	6.485 kg	

Fuente: Elaboración propia.




Figura 108. Bloque de adobe con mayor porcentaje de absorción (Fuente; Propia, fotografía del ensayo de absorción en adobes)

Tabla 25 *Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 5% de savia de nopal.*

Nombre del ensayo:		Ensayo de absorción en adobes	
Testigo con 5% de savia	Hora	Peso seco (Kg)	Peso saturado (Kg)
<b>Adobe-1,5</b>	0 Hrs	6.740 kg	6.740 kg
<b>Adobe-2,5</b>	6 Hrs	6.700 kg	7.195 kg
<b>Adobe-3,5</b>	12 Hrs	6.740 kg	7.335 kg
<b>Adobe-4,5</b>	18 Hrs	6.770 kg	7.385 kg
<b>Adobe-5,5</b>	24 Hrs	6.790 kg	7.630 kg


Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26 *Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 7% de savia de nopal.*

		UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
Nombre del ensayo:		Ensayo de absorción en adobes	
Testigo con 7% de savia	Hora	Peso seco (Kg)	Peso saturado (Kg)
<b>Adobe-1,7</b>	0 Hrs	6.850 kg	6.850 kg
<b>Adobe-2,7</b>	6 Hrs	6.990 kg	7.185 kg
<b>Adobe-3,7</b>	12 Hrs	6.895 kg	7.295 kg
<b>Adobe-4,7</b>	18 Hrs	6.985 kg	7.300 kg
<b>Adobe-5,7</b>	24 Hrs	6.845 kg	7.310 kg

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27 *Recolección de datos del ensayo de absorción en adobes con inserción de 9% de savia de nopal.*

		UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE	
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL			
Nombre del ensayo:		Ensayo de absorción en adobes	
Testigo con 9% de savia	Hora	Peso seco (Kg)	Peso saturado (Kg)
<b>Adobe-1,9</b>	0 Hrs	7.075 kg	7.075 kg
<b>Adobe-2,9</b>	6 Hrs	7.050 kg	7.160 kg
<b>Adobe-3,9</b>	12 Hrs	7.065 kg	7.178 kg
<b>Adobe-4,9</b>	18 Hrs	7.070 kg	7.188 kg
<b>Adobe-5,9</b>	24 Hrs	7.063 kg	7.205 kg

Fuente: Elaboración propia.



Figura 109. Ensayo de absorción en bloques de adobes con 0%, 3%, 5%, 7% y 9% de savia de nopal (Fuente; Propia, fotografía del ensayo de absorción en adobes)

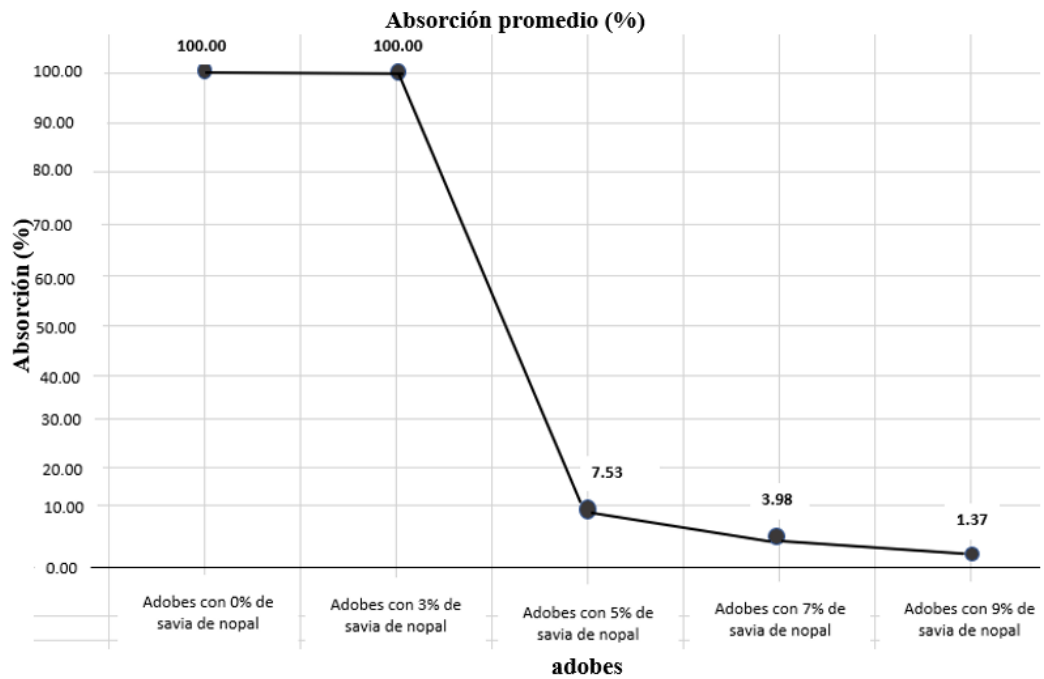


Figura 110. Curva de variación de los valores de absorción en adobes (Fuente; Elaboración Propia)

En la Figura 110 se muestran la variación de los valores de absorción en los adobes con los diferentes porcentajes de inserción de savia de nopal.

Lo más resaltante de la figura es la absorción total de los dos primeros valores del adobe que no tiene nada de savia y del adobe que tiene la inserción de 3% de savia de nopal. También se puede observar que la curva tiende a descender concluyéndose que los mejores valores obtenidos son para los adobes que tienen la inserción de 7% y 9% de savia de nopal con un porcentaje de absorción de 1.37% y 3.98% respectivamente. ya que el porcentaje de absorción es menor frente a los demás bloques de adobes. Siendo así los porcentajes que generan mayor resistencia al agua. (Ver Anexo 6).

#### 7.1.2.7. Resultados del ensayo de Erosión Acelerada en adobes.

Al finalizar el ensayo de Erosión Acelerada en adobes con la inserción en diferentes porcentajes de savia y para los adobes simples, sin inserción de savia de nopal se pudo recolectar los siguientes resultados:

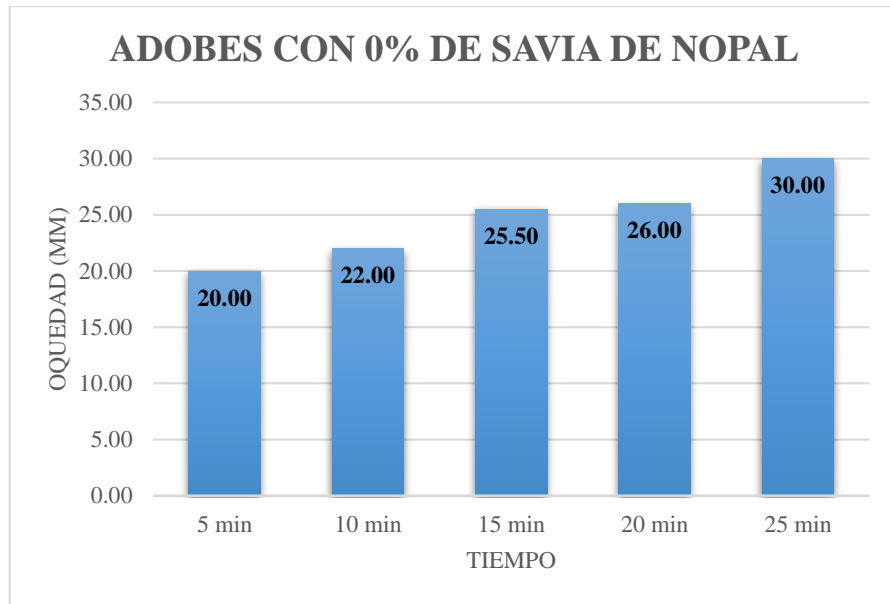


Figura 111. Resultados para adobes con 0% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia)

En la Figura 111 se muestran un comparativo de los resultados de la OQUEDAD que produjo el agua sobre ello en un tiempo determinado.

Lo más resaltante de la figura es la mayor erosión de 3 cm aproximadamente que se produjo en el adobe que no contiene nada de savia de nopal en el mayor tiempo de 25 minutos. Siendo así bloques vulnerables a la exposición prolongada de agua.



Figura 112. Bloque de adobe con 0% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 0% de savia de nopal)

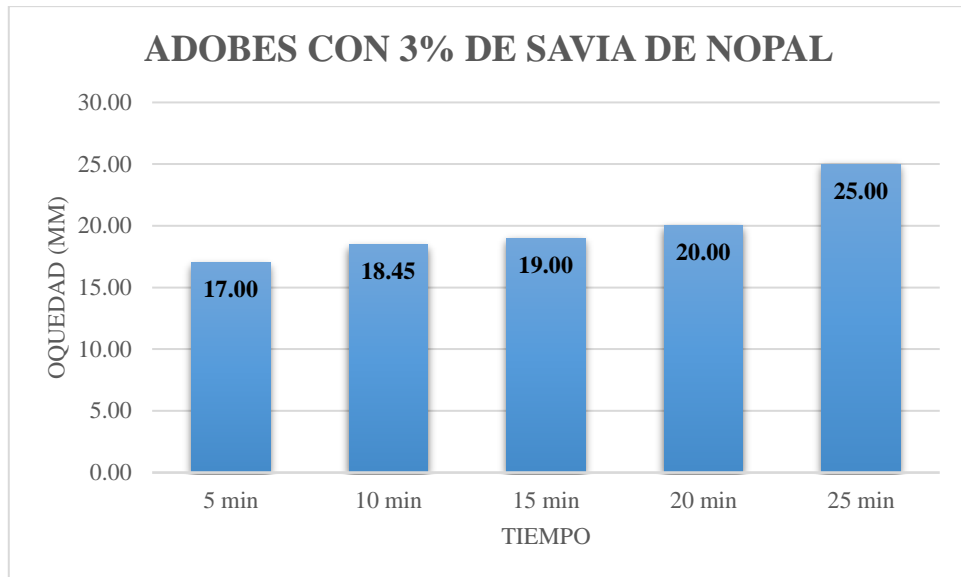


Figura 113. Resultados para adobes con 3% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia)

En la Figura 113 se muestran un comparativo de los resultados de la OQUEDAD que produjo el agua sobre ello en un tiempo determinado.

Lo más resaltante de la figura es la mayor erosión de 2.5 cm aproximadamente que se produjo en el adobe que contiene 3% de savia de nopal en el mayor tiempo de 25 minutos.



Figura 114. Bloque de adobe con 3% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 3% de savia de nopal)





Figura 115. Resultados para adobes con 5% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia)

En la Figura 115 se muestran un comparativo de los resultados de la OQUEDAD que produjo el agua sobre ello en un tiempo determinado.

Lo más resaltante de la figura es la erosión de 2.1 cm aproximadamente que se produjo en el adobe que contiene 5% de savia de nopal en el mayor tiempo de 25 minutos.



Figura 116. Bloque de adobe con 5% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 5% de savia de nopal)

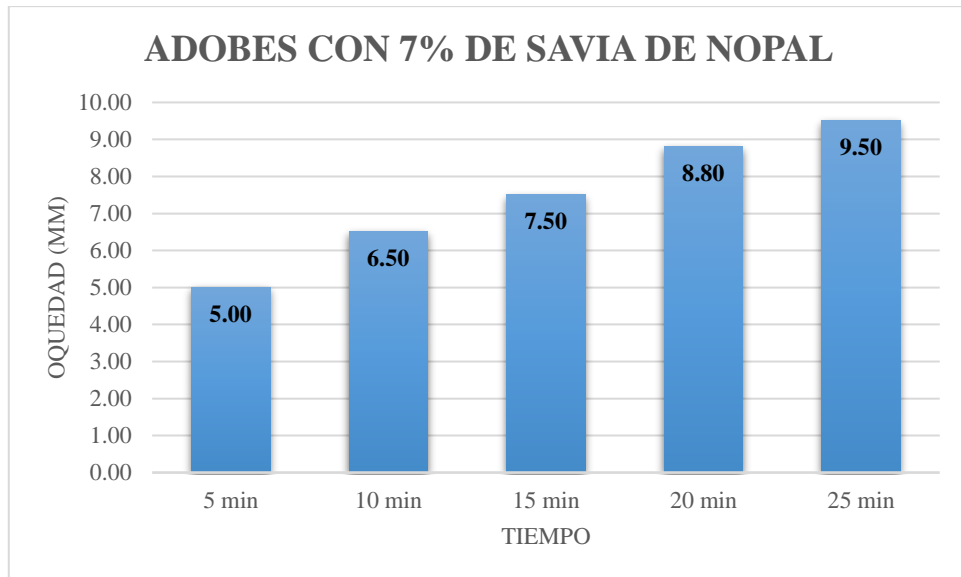


Figura 117. Resultados para adobes con 7% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia)

En la Figura 117 se muestran un comparativo de los resultados de la OQUEDAD que produjo el agua sobre ello en un tiempo determinado.

Lo más resaltante de la figura es la erosión de 0.95 cm aproximadamente que se produjo en el adobe que contiene 7% de savia de nopal en el mayor tiempo de 25 minutos.



Figura 118. Bloque de adobe con 7% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 7% de savia de nopal)

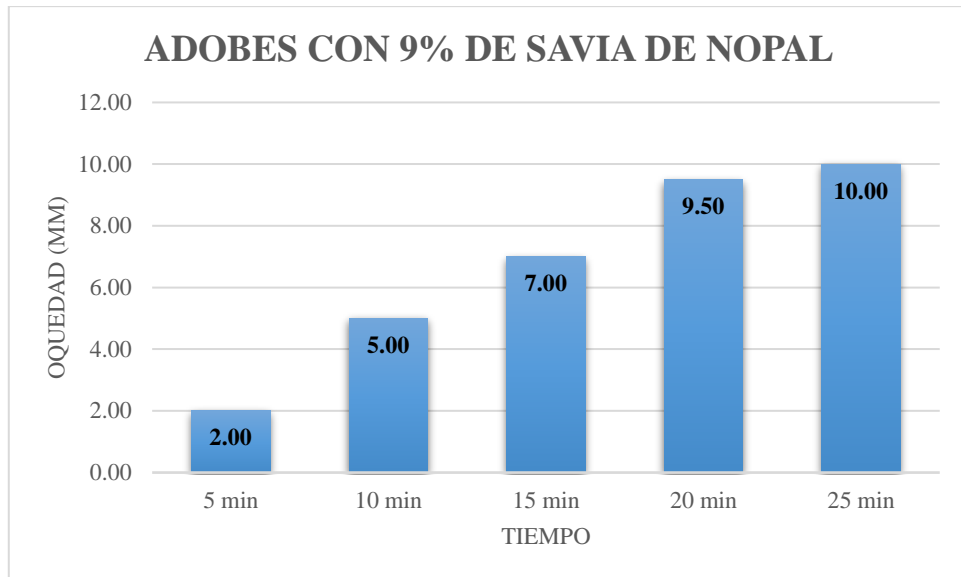


Figura 119. Resultados para adobes con 9% de savia de nopal (Fuente; Elaboración Propia)

En la Figura 119 se muestra un comparativo de los resultados de la OQUEDAD que produjo el agua sobre ello en un tiempo determinado.

Lo más resaltante de la figura es la menor erosión de 1.00 cm aproximadamente que se produjo en el adobe que contiene 9% de savia de nopal en el mayor tiempo de 25 minutos al estar en contacto con el agua, es decir aplicando 9% de savia de nopal a la mezcla de barro genera más resistencia a la erosión. (Ver anexo 7).

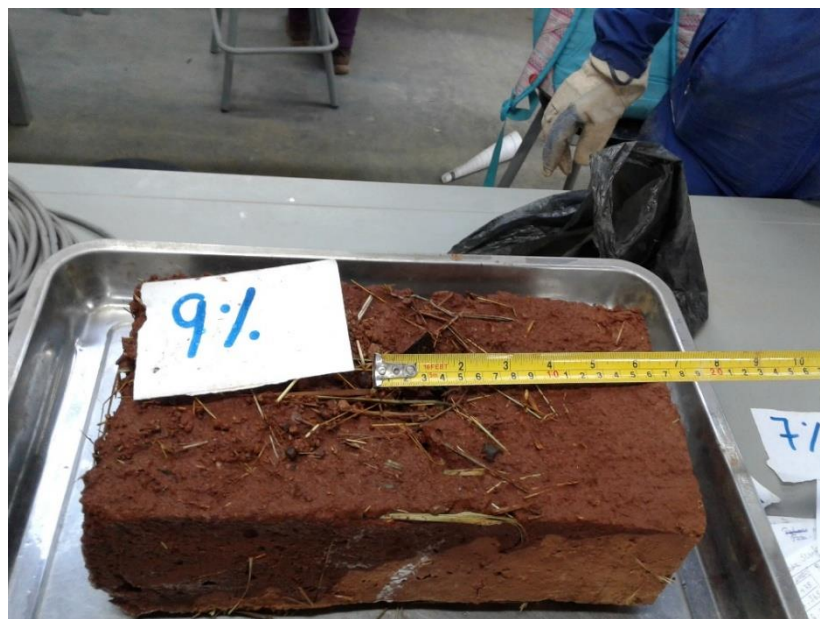


Figura 120. Bloque de adobe con 9% de savia (Fuente; Propia, fotografía de la erosión que se produjo en el adobe con 9% de savia de nopal)

## 7.2. Conclusiones

De los bloques de adobes elaborados con la inserción de savia de nopal y sin ello, se concluye que, frente a exposiciones prolongadas de agua como: lluvias y otros agentes externos, se comprueba que los bloques de adobe tradicionales que hoy en día se venden en el mercado, presentan una alta vulnerabilidad a la humedad ocasionadas por lluvias y en casos extremos por inundaciones.

- Se logró demostrar la hipótesis general la cual señala que “*Se estima que la aplicación de la savia de nopal influye significativamente en la impermeabilización de construcciones de adobe en el barrio Cecilio limaymanta de Tarma.*”. Ya que se cumplen con todas las hipótesis secundarias, las cuales se refieren a la mejora integral de los bloques de adobes con la inserción de la savia de nopal en porcentajes de 3%, 5%, 7% y 9% frente a los adobes tradicionales. Obteniéndose adobes estabilizados con menor capacidad de absorción y adobes más resistentes a la erosión ocasionada por la exposición prolongada al agua.
- Se logró demostrar la primera hipótesis secundaria la cual señala que “*Con el 7% y 9% de la inserción de savia de nopal se obtendrá adobes con mejores propiedades físicas, adobes más resistentes a la humedad y macizos*”. Ya que, al elaborar bloques de adobe con la inserción de savia en porcentajes de 7% y 9% se obtuvieron adobes con mayor peso y bloques macizos que al ser sometidos a los dos ensayos (ensayo de absorción y erosión acelerada) fueron los que más resistieron.
- Se logró demostrar la segunda hipótesis secundaria la cual señala que “*La savia de nopal aplicada en mayor cantidad en la mezcla reducirá la absorción de humedad del adobe*”. Ya que, específicamente en el ensayo de Absorción, los adobes con los diferentes porcentajes de adición de savia fueron sumergidos por 6, 12, 18 y 24 horas, en las cuales se pudo observar que, los adobes estabilizados con la inserción de savia de nopal en porcentajes de 7% y 9% tuvieron menor capacidad de absorción frente a un adobe tradicional, las cuales se desintegraron totalmente, lo mismo ocurrió con los adobes con menor porcentaje de savia como las de 3% y 5%. Concluyendo de esta manera, que

los mejores valores obtenidos son para los bloques de adobe estabilizados con la inserción de 7% y 9% obteniéndose una absorción de 1.37% a 3.98 %, es decir el adobe estabilizado tiene mayor resistencia a absorción frente a un adobe tradicional.

- Se logró demostrar la tercera hipótesis secundaria la cual señala que *“La savia de nopal será utilizada como producto impermeable de origen natural”*. Ya que, al realizar el análisis de costos unitarios de un bloque de adobe con la adición de la savia de nopal tendría un costo al alcance del bolsillo del poblador. Concluyéndose así, que sería de la preferencia de los pobladores comprar un adobe de bajo costo y al mismo tiempo bloques resistentes a la humedad de esta manera viendo por conveniente su seguridad.

### **7.3. Recomendaciones**

- Se recomienda utilizar el 7% o el 9% de savia de nopal en la mezcla del barro para la elaboración de adobes de 30x15x10 cm de dimensión, ya que fueron los bloques que mas resistieron al estar en contacto con el agua, obteniéndose mejores resultados en los ensayos de absorción y el de erosión acelerada, siendo asi bloques resistentes ante la presencia de humedad.
- Se recomienda utilizar la savia de nopal como impermeabilizante en la preparacion de la mezcla del barro para la elaboración de adobes, ya que se obtienen bloques mas macizos, con mayor peso y resistentes al agua, especialmente en situaciones extremas de temperaturas en las zonas altas y frias como son en las zonas rurales de nuestro país.
- Se recomienda usar la savia de nopal en cantidades mayores en la preparación de la mezcla, ya que en los ensayos realizados como: el ensayo de Absorción y Erosión Acelerada se observó que los adobes estabilizados con la inserción de la savia en porcentajes de 7% y 9% tuvieron menor capacidad de absorción frente a un adobe tradicional, las cuales se desintegraron totalmente, lo mismo ocurrió con los adobes con menor porcentaje de savia como las de 3% y 5%. Y es así que se consiguió que los mejores valores obtenidos son para los bloques con la inserción de 7% y 9% de savia con una absorción de 1.37% a 3.98 %, es decir el adobe estabilizado tiene mayor resistencia a absorción frente a un adobe tradicional.
- Se recomienda el uso de la savia de nopal como un producto impermeable de origen natural (aditivo natural) en adobes, ya que ademas de ser económicamente viable, debido a su bajo costo y/o fácil de conseguir los materiales, aporta significativamente a la mejora de las propiedades físicas del adobe, haciendolas mas resistentes a la humedad y a otros agentes externos.

## Referencias bibliográficas

- Aranda, Y., & Suarez, E. (2013). Efecto de la impermeabilización del mucilago de nopal en bloques de tierra comprimidos. (*Tesis para optar el título de ingeniero Civil*). Universidad De La Salle Bajío Leon, Guanajuato, Mexico.
- Bowles, J. (1981). *Manual de laboratorio de suelos de ingeniería civil*.
- Braja, M. D. (1985). *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. California: Brooks/Cole Publish.
- Bravo, C., & Jocelyn, R. (2007). Evaluación del comportamiento físico mecánico del adobe estabilizado con cal y goma de tuna. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Peru.
- Bravo-Hollis, H. (2008). Estudio y análisis de las cactáceas de México. *Conabio Instituto de biología Universidad Autónoma de México*, 9-246.
- Bulnes, C. (2018). Resistencia a la compresión de un mortero cemento - arena adicionado 10% y 20% de mucilago de nopal. (*Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil*). Universidad San Pedro, Chimbote, Peru.
- Cardenas, L. A. (2008). *Materiales y elementos estructurales*. Universidad San Martín de Porres., Lima.
- Champi, S. y. (2016). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del adobe mejorado de 0.40 m x 0.15 m x 0.20 m geomalla biaxial e impermeabilizante y el adobe tradicional en el distrito de San Jerónimo en la A.P.V de tejas y ladrillos en Petropuru. (*Tesis para optar el título de ingeniero Civil*). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Peru.
- De la Peña, D. (1997). *Adobe, características y sus principales usos en la construcción*. Instituto Tecnológico de la Construcción (ITC), México, México.
- Martínez, W., Alonso, E., Rubio, J., Bedolla, J., Velazco, F., & Torres, A. (2008). Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesanalmente, adicionados con mucilago de cactáceas y ceniza volcánica para su uso en restauración de monumentos coloniales. *Revista de la construcción*, 7(2), 93-101.
- Morales, R., Torres, R., Rengifo, L., & Irala, C. (1993). *Manual para la construcción de viviendas de adobe*. Lima: Campos y Vasquez.
- Norma E.080 - Adobe. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones*.
- Palma, M. (28 de Diciembre de 2009). *El adobe*. Obtenido de Slideshare: <https://es.slideshare.net/franciac/adobe-2784963>
- Quintana, D., & Vera, M. (2017). Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucilago de tuna

- en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. (*Tesis para optar el título de ingeniero civil*). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Peru.
- Ramirez, F. (11 de Marzo de 2009). *El Adobe*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/13158836/EL-ADOBE>
- Ramirez, J. (2016). Estudio de las propiedades mecánicas y físicas del adobe con biopolímeros de fuentes locales. (*Tesis para optar el grado de Magister en ingeniería civil*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Ramirez, J. (2016). Estudio de las propiedades Mecánicas y Físicas del Adobe con Biopolímeros de Fuentes Locales. (*Tesis para optar el grado de Magister en Ingeniería civil*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Saenz, C. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. Mexico: Cadmo Rosell.
- Sanchez, K. (2010). Propuesta de aditivos naturales y microfibras de papel para reparar fisuras en muros de monumentos históricos de tierra. (*Tesis para optar el título de ingeniero Civil*). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.
- Sara, R. y. (2016). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del adobe mejorado de 0.40 x 0.15 m x 0.20 m con geomalla biaxial e impermeabilizante y el adobe tradicional en el Distrito de San Jerónimo en la A.P.V de tejas y ladrillos en Petroperu. (*Tesis para optar el título de Ingeniero Civil*). Universidad Andina de Cusco, Cusco, Perú.
- Sara, R., & Champi, L. (2016). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del adobe mejorado de 0.40 m x 0.15 m x 0.20 m con geomalla biaxial e impermeabilizante y el adobe tradicional en el Distrito de San Jerónimo en la A.P.V de tejas y ladrillos en Petroperu. (*Tesis para optar el título de ingeniero Civil*). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Tapia, T., & Huancachoque, J. (2016). Evaluación del comportamiento físico-mecánico del adobe elaborado según norma E.080, adicionado con mucilago de gigante, utilizando insumos de la región del Cusco, comparado con el adobe tradicional artesanal elaborado en el sector adoberos. (*Tesis para optar el título de ingeniero Civil*). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú.
- Torres, P., Cruz, S., Peña, N., Fernández, S., Rodríguez, M., & Cruz, A. (2011). La baba y el mucilago de nopal, una alternativa natural para la conservación de acabados arquitectónicos de tierra. *Antropología*, 92-98.
- Velarde, O. (2006). Sobre el origen de la tuna en el Perú, algunos alcances. *Sidney Noova*, 175.



# **Anexos**

## **Resultados de los ensayos de laboratorio**

Anexo 1. Documentos para validar los instrumentos de medición a través de juicio de expertos.

DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE  
MEDICION A TRAVES DE JUCIO DE EXPERTOS

CARTA DE PRESENTACION

Señor (a).....Diego Hinostroza Gutiérrez.....

Presente

Asunto: VALIDACION DE INSTRUMENTOS A TRAVES DE JUCIO DE EXPERTOS.

Es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero Civil.

El título del proyecto de investigación es: "**APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA – 2019**", y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, considero conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación
- Matriz de operacionalización de variables
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos

Atentamente,



BALDOCEDA ALI,CA, Viridiana Stefany  
DNI: 70226337

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

Tabla 1.

*Variable dependiente*

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
<b>Y1</b> <b>Impermeabilización</b> <b>en construcciones</b> <b>de adobe</b>	Impermeabilización Artificial (aditivo)	Cal	Kg	Guías de observación de laboratorio.
		Arena gruesa	M3	
	Impermeabilización Natural	Cactus	Unidad	Norma técnica de Diseño y construcción E.080
		Penca	Unidad	
		Paja(bitumen)	Kg	Formatos de evaluación de características físicas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.

*Variable independiente*

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
X1				Fichas de observación.
Aplicación de la savia de nopal	Preparación de Mezcla	Añadir en la mezcla	M3	Formatos de evaluación de características físicas. Norma técnica de Diseño y construcción E.080

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL ADOBE CON LA INSERCIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7% Y 9%

% SAVIA DE NOPAL	Testigo	Dimensiones			Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Hora	Absorción (%)	Promedio (%)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)					
0 %									
3%									
5%									
7%									
9%									

$$\% \text{ de absorción} = \frac{100(b - a)}{a}$$

Donde:

- ✓ a, es el peso del adobe en estado seco;
- ✓ b, es el peso del ladrillo en estado saturado de agua.

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez validador: Ing. ....

DNI: 70154786



*[Handwritten signature]*  
 ING. DIEGO HINOSTROZA GUTIERREZ  
 INGENIERO CIVIL

*[Handwritten signature]*  
 Firma  
 DIEGO ALBERTO HINOSTROZA GUTIERREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 185610

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA EROSION QUE SUFRE EL ADOBE CON LA INSERCIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7% Y 9% AL ESTAR EN CONTACTO CON AGUA**

ENSAYO DE EROSION ACCELERADA SWINBURNE (SAET) NORMA ESPAÑOLA UNE 41410:2008

% savia de nopal	Largo	Tiempo (min)	Oquedad (mm)	Oquedad en (cm)	Peso seco	Peso con agua absorbida	Cumple
0 %							
3%							
5%							
7%							
9%							

CONDICION DE ACEPTACION O RECHAZO

Tabla 3 – Resistencia a la erosión. Criterios de aceptación o rechazo

Propiedad	Criterio	Resultados
D <sub>1</sub> (profundidad de la oquedad, en mm)	0 ≤ D ≤ 10	Bloque apto
	D > 10	Bloque no apto

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad:  Aplicable ( Aplicable después de corregir ( No aplicable (

Apellidos y Nombres del Juez validador: Ing. ....

DNI: 70154786



Firma  
  
 DIEGO ALBERTO HINOSTROZA GUTIERREZ  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 185610

DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE  
MEDICION A TRAVES DE JUCIO DE EXPERTOS



CARTA DE PRESENTACION

Señor (a) Ing. Milton Carlo Loayza

Presente

Asunto: VALIDACION DE INSTRUMENTOS A TRAVES DE JUCIO DE EXPERTOS.

Es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero Civil.

El título del proyecto de investigación es: "**APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA – 2019**", y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, considero conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación
- Matriz de operacionalización de variables
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos

Atentamente,

BALDOCEDA ALLCA, Viridiana Stefany

DNI: 70226337

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

Tabla 1.

*Variable dependiente*

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
<b>Y1</b> <b>Impermeabilización</b> <b>en construcciones</b> <b>de adobe</b>	Impermeabilización Artificial (aditivo)	Cal	Kg	Guías de observación de laboratorio.
		Arena gruesa	M3	
	Impermeabilización Natural	Cactus	Unidad	Norma técnica de Diseño y construcción E.080
		Penca	Unidad	
		Paja(bitumen)	Kg	Formatos de evaluación de características físicas

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2.

*Variable independiente*

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
X1				Fichas de observación.
Aplicación de la savia de nopal	Preparación de Mezcla	Añadir en la mezcla	M3	Formatos de evaluación de características físicas. Norma técnica de Diseño y construcción E.080

Fuente: Elaboración propia.

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL ADOBE CON LA INSERCIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7% Y 9%

% SAVIA DE NOPAL	Testigo	Dimensiones			Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Hora	Absorción (%)	Promedio (%)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)					
0 %									
3%									
5%									
7%									
9%									

$$\% \text{ de absorción} = \frac{100(b - a)}{a}$$

Donde:

- ✓ a, es el peso del adobe en estado seco;
- ✓ b, es el peso del ladrillo en estado saturado de agua.

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez validador: Ing. CANTO LOAYZA NILTON RONALDO

DNI: 71924961

Firma

*[Firma manuscrita]*  

 NILTON R. CANTO LOAYZA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 174849

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA EROSION QUE SUFRE EL ADOBE CON LA INSERCIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7% Y 9% AL ESTAR EN CONTACTO CON AGUA

ENSAYO DE EROSION ACELERADA SWINBURNE (SAET) NORMA ESPAÑOLA UNE 41410:2008

% savia de nopal	Largo	Tiempo (min)	Oquedad (mm)	Oquedad en (cm)	Peso seco	Peso con agua absorbida	Cumple
0 %							
3%							
5%							
7%							
9%							

CONDICION DE ACEPTACION O RECHAZO

Tabla 3 - Resistencia a la erosión. Criterios de aceptación o rechazo

Propiedad	Criterio	Resultados
D, (profundidad de la oquedad, en mm)	0 ≤ D ≤ 10	Bloque apto
	D > 10	Bloque no apto

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez validador: Ing. CANTO LOAYZA, NILTON RONALD

DNI: 71924961

Firma  
  


DOCUMENTOS PARA VALIDAR LOS INSTRUMENTOS DE  
MEDICION A TRAVES DE JUCIO DE EXPERTOS

CARTA DE PRESENTACION

Señor (a).....Ing. Omar Mendoza Muedas.....

Presente

Asunto: VALIDACION DE INSTRUMENTOS A TRAVES DE JUCIO DE EXPERTOS.

Es muy grato comunicarme con usted para expresarle mis saludos y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo bachiller en Ingeniería Civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero Civil.

El título del proyecto de investigación es: **“APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA – 2019”**, y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, considero conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación
- Matriz de operacionalización de variables
- Certificado de validez de contenido de los instrumentos

Atentamente,

BALDOCEDA ALLCA, Viridiana Stefany

DNI: 70226337

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES**

Tabla 1.

*Variable dependiente*

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
<b>Y1</b> <b>Impermeabilización</b> <b>en construcciones</b> <b>de adobe</b>	Impermeabilización Artificial (aditivo)	Cal	Kg	Guías de observación de laboratorio.
		Arena gruesa	M3	
	Impermeabilización Natural	Cactus	Unidad	Norma técnica de Diseño y construcción E.080
		Penca	Unidad	
		Paja(bitumen)	Kg	Formatos de evaluación de características físicas

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 2.

*Variable independiente*

VARIABLES	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	INSTRUMENTOS
X1				Fichas de observación.
Aplicación de la savia de nopal	Preparación de Mezcla	Añadir en la mezcla	M3	Formatos de evaluación de características físicas. Norma técnica de Diseño y construcción E.080

Fuente: Elaboración propia.

**CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE EL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DEL ADOBE CON LA INSERCIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7% Y 9%**

% SAVIA DE NOPAL	Testigo	Dimensiones			Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Hora	Absorción (%)	Promedio (%)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)					
0 %									
3%									
5%									
7%									
9%									

$$\% \text{ de absorción} = \frac{100(b - a)}{a}$$

Donde:

- ✓ a, es el peso del adobe en estado seco;
- ✓ b, es el peso del ladrillo en estado saturado de agua.

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( )    Aplicable después de corregir ( )    No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez validador: Ing. OMAR MENDOZA MUEDAS

DNI: 41689292

Firma



OMAR MENDOZA MUEDAS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 117899

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO QUE MIDE LA EROSION QUE SUFRE EL ADOBE CON LA INSERCIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL EN PORCENTAJES DE 3%, 5%, 7% Y 9% AL ESTAR EN CONTACTO CON AGUA

ENSAYO DE EROSION ACELERADA SWINBURNE (SAET) NORMA ESPAÑOLA UNE 41410:2008

% savia de nopal	Largo	Tiempo (min)	Oquedad (mm)	Oquedad en (cm)	Peso seco	Peso con agua absorbida	Cumple
0 %							
3%							
5%							
7%							
9%							

CONDICION DE ACEPTACION O RECHAZO

Tabla 3 – Resistencia a la erosión. Criterios de aceptación o rechazo

Propiedad	Criterio	Resultados
D, (profundidad de la oquedad, en mm)	$0 \leq D \leq 10$	Bloque apto
	$D > 10$	Bloque no apto

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( )    Aplicable después de corregir ( )    No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del Juez validador: Ing. OMAR MENDOZA MUJERAS

DNI: 41689292

Firma



OMAR MENDOZA MUJERAS  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 117899

Anexo 2. Resultado del ensayo de granulometría.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TÍTULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"

LUGAR: LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA  
UBICACION: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA  
LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN  
CALICATA: C-1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
**ASTM C136 / NTP 400.012**

PESO INICIAL SECO (g) : 1031.16  
PESO LAVADO Y SECO (g) : 906.34

MALLAS	ABERTURA (mm.)	Peso Retenido (g)	% Parcial Retenido	% ACUMULADO	
				RETENIDO	QUE PASA
1 1/2"	37.500	0.0	0.00	0.0	100.0
1"	25.000	46.9	5.28	5.3	94.7
3/4"	19.000	73.2	8.24	13.5	86.5
1/2"	12.500	117.0	13.17	26.7	73.3
3/8"	9.500	75.8	8.53	35.2	64.8
N°4	4.750	166.5	18.75	54.0	46.0
N°8	2.360	121.3	13.66	67.6	32.4
N°16	1.180	102.2	11.51	79.1	20.9
N°30	0.600	91.7	10.32	89.5	10.5
N°50	0.300	54.9	6.18	95.6	4.4
N°100	0.150	38.8	4.36	100.0	0.0
FONDO		0	0.00	100.0	0.0
TOTAL		888.1	100.00		

La cantidad mínima de especimen de material seleccionado como representativo de la muestra total, será de acuerdo a la siguiente tabla:

Diámetro Nominal de las Partículas (mm, pulg)	Masa Mínima (g)	
76.2 mm	3"	5000
50.8 mm	2"	4000
38.1 mm	1 1/2"	3000
25.4 mm	1"	2000
19.00 mm	3/4"	1000
9.5 mm	3/8"	500

Referencia: ASTM C136 / NTP 400.012

Revisado por:.....





UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"

LUGAR: LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE

TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA

UBICACION: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA

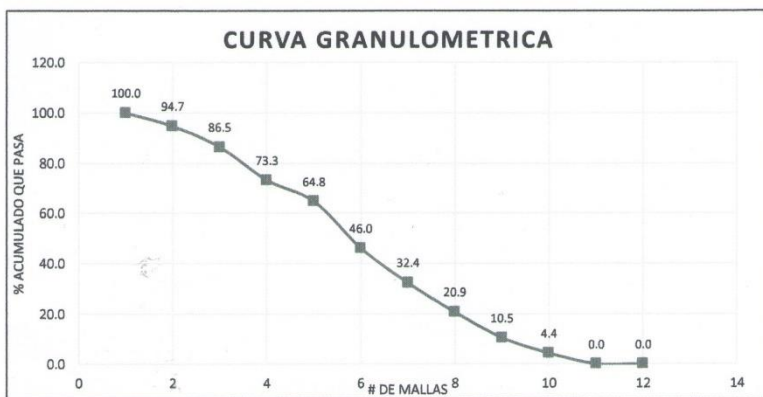
LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN

CALICATA: C-1

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO  
ASTM C136 / NTP 400.012**

TAMAÑO MAXIMO : 1/2"

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/8"



Resultados			
D-10=	0.18	Cu=	24.766
D-30=	0.79	Cc=	0.786
D-60=	4.43		

Revisado por:.....

ING. DIEGO R. MONTAYA GUTIERREZ  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

Anexo 3. Resultado del ensayo de contenido de humedad de un suelo.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TÍTULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"

LUGAR: LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE

TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA

UBICACIÓN: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA

LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN

CALICATA: C-1

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO  
ASTM D2216 / NTP 339.127

1	N° DEL RECIPIENTE	muestra	muestra	
		1º	2º	
2	PESO DEL RECIPIENTE (g)	85.27	85.27	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	861.24	896.97	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	763.58	800.2	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (g) (3)-(4)	97.66	96.77	
6	PESO DEL SUELO SECO (g) (4) - (2)	678.31	714.93	<b>PROMEDIO</b>
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (5) / (6) * 100 (%)	14.3975468	13.5355909	<b>13.97</b>

Cálculos

Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente formula:

$$w = (\text{Peso de agua}) / (\text{Peso de suelo seco al horno}) \times 100$$

\*Peso de agua: la pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua

La cantidad mínima de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a la siguiente tabla:

Máximo tamaño de partículas-TM (pasa el 100%)	Tamaño de malla estandar	Masa mínima recomendada de especimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de especimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm ó menos	N°10	20 g	20 g*
4.75 mm	N°4	100 g	20 g*
9.5 mm	3/8"	500 g	50 g*
19.0 mm	3/4"	2.5 kg	250 g
37.5 mm	1 1/2"	10 kg	1 kg
75 mm	3"	50 kg	5 kg

Referencia: ASTM D2216 / NTP 339.127

Nota.- Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Revisado por:.....

ING. DIEGO HERNÁNDEZ ALVARADO  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS

Anexo 4. Ensayo de peso específico y absorción del agregado fino.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TÍTULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"

LUGAR: LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE

TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA

UBICACIÓN: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA

LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN

CALICATA: C-1

ENSAYO DE PESO ESPECIFICO Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO

ASTM C128 / NTP 400.022

ID	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA	MUESTRA N° 1	MUESTRA N° 2
1	Peso de la fiola	(g)	167.11	
2	Peso de la muestra sss	(g)	120	
3	Peso de la arena sss + peso de la fiola	(g)	288.15	
4	Peso de la arena sss + peso de la fiola + peso de agua	(g)	722.51	
5	Peso del agua W(4-3)	(g)	434.36	
6	Peso del recipiente	(g)	96.61	
7	Peso del recipiente + muestra secada al horno	(g)	225.13	
8	Peso de la muestra seca al horno A(7-6)	(g)	128.52	
9	Volumen de la fiola V	(cm <sup>3</sup> )	500	

RESULTADOS:

Peso específico de la masa = $A/(V-W)$	g/cm <sup>3</sup>	1.96
Peso específico de masa s.s.s = $500/(V-W)$	g/cm <sup>3</sup>	7.62
Porcentaje de absorcion (%) = $((500 - A/A)*100$	(%)	289.04

Revisado por:



ING. DIEGO HIDALGO EN INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE SUELOS

Anexo 5. Resultados del ensayo de limite líquido y limite plástico.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL  
EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO  
IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA -  
2019"

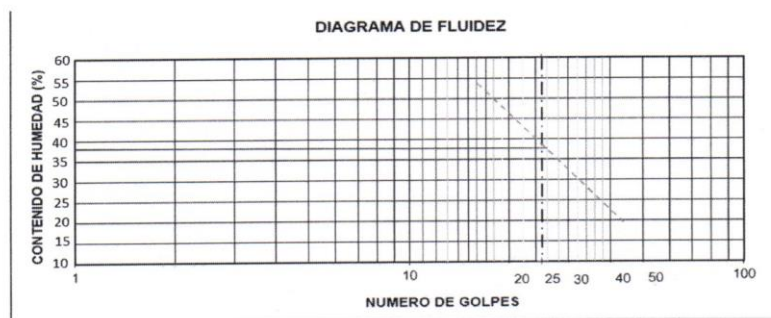
LUGAR: LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA  
UBICACIÓN: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA  
LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN  
CALICATA: C-1

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D4318 / NTP 339.129

PRUEBA N°	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
RECIPIENTE N°	M-1	M-2	M-3	M-1	M-2
NÚMERO DE GOLPES	16	22	34		

1	PESO DEL RECIPIENTE (g)	15.001	14.97	14.98	14.83	14.84
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	19.8	18.6	18.74	21.1	21.67
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	18.5	17.7	17.49	20	20.653
4	PESO DEL AGUA CONTENIDA (g) (2)-(3)	1.3	0.9	1.25	1.1	1.017
5	PESO DEL SUELO SECO (g) (3) - (1)	3.499	2.73	2.51	5.17	5.813
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4) / (5) * 100 (%)	37.15	32.97	49.80	21.28	17.50



La cantidad de muestra para los ensayos:

límite líquido:

\*Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo

\*límite plástico:

\*Se requiere 6 g para el ensayo

Revisado por:.....



ING. DARGO HIDALGO  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL





UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL

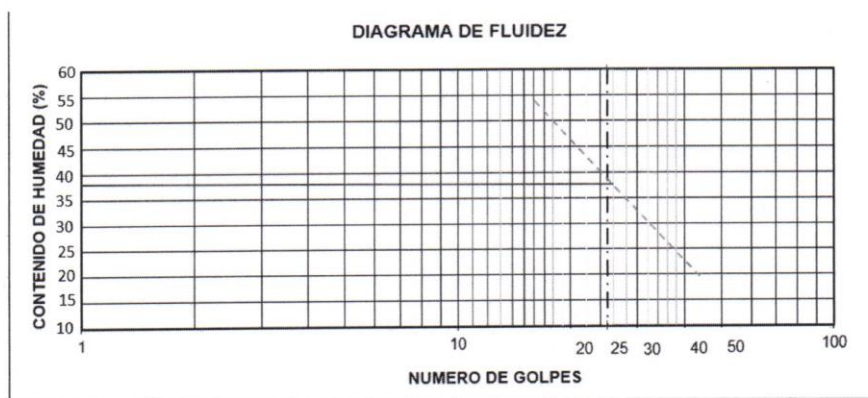
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:  
**ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"**

TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA  
UBICACIÓN: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA  
LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN  
CALICATA: C-1

**LIMITES DE CONSISTENCIA**  
ASTM D4318 / NTP 339.129

RESULTADOS:  
LIMITE LIQUIDO (%): 39.973  
LIMITE PLASTICO (%): 19.390  
INDICE DE PLASTICIDAD: 20.483



La cantidad de muestra para los ensayos:

**limite liquido:**

\*Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo

**\*limite plastico:**

\*Se requiere 6 g. para el ensayo

Revisado por:.....



*[Handwritten Signature]*  
ING. DIEGO BIVAS ROZA C. INGENIERO  
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

## Anexo 6. Resultados del ensayo de Absorción en adobes.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MÉCANICA DE SUELOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TÍTULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE -  
"APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"

TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEA ALLCA  
UBICACIÓN: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA  
LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN  
CALICATA: C-1

### ENSAYO DE ABSORCION DEL ADOBE NORMAS NTP 399.604 Y 399.613

% SAVIA DE NOPAL	Testigo	Dimensiones			Peso seco (g)	Peso saturado (g)	Hora	Absorción (%)	Promedio (%)
		Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)					
0%	Adobe -1,0	30	15	10	6.505 Kg	6.505 Kg	0 hrs	0.00	DESINTEGRACION TOTAL
	Adobe -2,0	30	15	10	6.500 Kg	desintegracion total	6 hrs	0.00	
	Adobe -3,0	30	15	10	6.495 Kg	desintegracion total	12 hrs	0.00	
	Adobe -4,0	30	15	10	6.500 Kg	desintegracion total	18 hrs	0.00	
	Adobe -5,0	30	15	10	6.489 Kg	desintegracion total	24 hrs	0.00	
3%	Adobe -1,3	30	15	10	6.520 Kg	6.520 Kg	0 hrs	0.00	DESINTEGRACION TOTAL
	Adobe -2,3	30	15	10	6.500 Kg	desintegracion total	6 hrs	0.00	
	Adobe -3,3	30	15	10	6.515 Kg	desintegracion total	12 hrs	0.00	
	Adobe -4,3	30	15	10	6.500 Kg	desintegracion total	18 hrs	0.00	
5%	Adobe -5,3	30	15	10	6.485 Kg	desintegracion total	24 hrs	0.00	7.53
	Adobe -1,5	30	15	10	6.740 Kg	6.740 Kg	0 hrs	0.00	
	Adobe -2,5	30	15	10	6.700 Kg	7.195 Kg	6 hrs	7.39	
	Adobe -3,5	30	15	10	6.740 Kg	7.335 Kg	12 hrs	8.83	
	Adobe -4,5	30	15	10	6.770 Kg	7.385 Kg	18 hrs	9.08	
7%	Adobe -5,5	30	15	10	6.790 Kg	7.630 Kg	24 hrs	12.37	3.98
	Adobe -1,7	30	15	10	6.850 Kg	6.850 Kg	0 hrs	0.00	
	Adobe -2,7	30	15	10	6.990 Kg	7.185 Kg	6 hrs	2.79	
	Adobe -3,7	30	15	10	6.895 Kg	7.295 Kg	12 hrs	5.80	
	Adobe -4,7	30	15	10	6.985 Kg	7.300 Kg	18 hrs	4.51	
9%	Adobe -5,7	30	15	10	6.845 Kg	7.310 Kg	24 hrs	6.79	1.37
	Adobe -1,9	30	15	10	7.075 Kg	7.075 Kg	0 hrs	0.00	
	Adobe -2,9	30	15	10	7.050 Kg	7.160 Kg	6 hrs	1.56	
	Adobe -3,9	30	15	10	7.065 Kg	7.178 Kg	12 hrs	1.60	
	Adobe -4,9	30	15	10	7.070 Kg	7.188 Kg	18 hrs	1.67	
Adobe -5,9	30	15	10	7.063 Kg	7.205 Kg	24 hrs	2.01		

#### CALCULO DEL PORCENTAJE DE ABSORCION:

$$\% \text{ de absorcion} = \frac{100(b - a)}{a}$$

DONDE:

b: es el peso del adobe en estado saturado en agua  
a: es el peso del adobe en estado seco

Referencia: NORMAS NTP 399.604 Y 399.613

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....

Opinion de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable despues de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del juez validador: Ing. ....

DNI: 70154786


## Anexo 7. Resultados del ensayo de Erosión Acelerada.



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO:

ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TÍTULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE -  
"APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"

LUGAR: LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL - UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE  
TESISTA: VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA  
UBICACIÓN: ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA  
LUGAR: TARMA - TARMA - JUNIN  
CALICATA: C-1

### ENSAYO DE EROSION ACELERADA NORMA ESPAÑOLA UNE 41410:2008

% SAVIA DE NOPAL	Testigo	Tiempo (min)	Oquedad (mm)	Oquedad en (cm)	Peso seco	Peso con agua absorbida	Cumple
0%	Adobe-1	5 min	20.00 mm	2.00 cm	6.505 Kg	6.900 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-2	10 min	22.00 mm	2.20 cm	6.500 Kg	6.895 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-3	15 min	25.50 mm	2.55 cm	6.500 Kg	6.890 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-4	20 min	26.00 mm	2.60 cm	6.500 Kg	6.765 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-5	25 min	30.00 mm	3.00 cm	6.500 Kg	6.750 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
3%	Adobe-1	5 min	17.00 mm	1.70 cm	6.520 Kg	6.895 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-2	10 min	18.45 mm	1.85 cm	6.500 Kg	6.890 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-3	15 min	19.00 mm	1.90 cm	6.500 Kg	6.886 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-4	20 min	20.00 mm	2.00 cm	6.500 Kg	6.755 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-5	25 min	25.00 mm	2.50 cm	6.500 Kg	6.745 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
5%	Adobe-1	5 min	10.00 mm	1.00 cm	6.740 Kg	6.820 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-2	10 min	10.00 mm	1.00 cm	6.700 Kg	6.785 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-3	15 min	14.00 mm	1.40 cm	6.740 Kg	6.790 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-4	20 min	17.50 mm	1.75 cm	6.745 Kg	6.775 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
	Adobe-5	25 min	21.00 mm	2.10 cm	6.780 Kg	6.800 Kg	No cumple/ ADOBE NO APTO
7%	Adobe-1	5 min	5.00 mm	0.50 cm	6.850 Kg	6.965 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-2	10 min	6.50 mm	0.65 cm	6.985 Kg	7.010 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-3	15 min	7.50 mm	0.75 cm	6.985 Kg	7.000 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-4	20 min	8.80 mm	0.88 cm	6.985 Kg	7.000 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-5	25 min	9.50 mm	0.95 cm	6.985 Kg	6.995 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
9%	Adobe-1	5 min	2.00 mm	0.20 cm	7.075 Kg	7.130 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-2	10 min	5.00 mm	0.50 cm	7.050 Kg	7.115 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-3	15 min	7.00 mm	0.70 cm	7.050 Kg	7.130 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-4	20 min	9.50 mm	0.95 cm	7.050 Kg	7.095 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO
	Adobe-5	25 min	10.00 mm	1.00 cm	7.050 Kg	7.100 Kg	Si cumple/ ADOBE APTO

CONDICIÓN DE ACEPTACION O RECHAZO:

Tabla 3 – Resistencia a la erosión. Criterios de aceptación o rechazo

Propiedad	Criterio	Resultados
D, (profundidad de la oquedad, en mm)	$0 \leq D \leq 10$	Bloque apto
	$D > 10$	Bloque no apto

Referencia: NORMA ESPAÑOLA UNE 41410:2008

Observaciones (precisar si hay suficiencia): .....


Opinión de aplicabilidad: Aplicable  Aplicable despues de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y Nombres del juez validador: Ing. ....

DNI: 70154786

Firma  
ING. DIEGO HINOSTROZA GUTIERREZ  
INGENIERO EN MATERIALES

Anexo 8. Formato - Ficha de observación del ensayo en campo para la selección del suelo.

	<b>UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE</b>	
	<b>FACULTADA DE INGENIERIA CIVIL</b>	
<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>		
<b>MECÁNICA DE SUELOS</b>		
<b>PROYECTO:</b>		
<i>ESTUDIO DE SUELOS PARA OPTAR EL TITULO DE PREGADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL EN LA UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE - "APLICACIÓN DE LA SAVIA DE NOPAL COMO IMPERMEABILIZADOR EN CONSTRUCCIONES DE ADOBE EN EL BARRIO CECILIO LIMAYMANTA DE TARMA - 2019"</i>		
<b>TESISTA:</b> VIRIDIANA STEFANY BALDOCEDA ALLCA		
<b>UBICACIÓN:</b> ANDAMARCA CURIS - BARRIO CECILIO LIMAYMANTA		
<b>LUGAR:</b> TARMA - TARMA - JUNIN		
<b>CALICATA:</b> C-1		
<b>ENSAYO EN CAMPO PARA LA SELECCIÓN DEL SUELO</b>		Cam. N° <b>1</b>
<b>TIPO</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>MUESTRA N°1</b>
<b>Prueba de botella</b> (Prueba granulométrica). - • Se consideran como suelos aptos, los que cumplen con lo indicado en la Norma.	Los rangos deben estar dentro de los indicados en la Norma (60% Arena, 20% Arcilla, 20% Limo)	
	<b><u>RESULTADO</u></b>	
<b>Prueba del enrollado</b> (Prueba de plasticidad). - • Se considera como suelo apto, cuando el rollo que se realiza alcanza una longitud entre los 5 a 15 cm.	El rollo alcanza los 5 cm.	
	El rollo alcanza una longitud entre 5 a 15 cm	
	El rollo alcanza una longitud mayor de 15 cm	
<b><u>RESULTADO</u></b>		
<b>Prueba de la resistencia de la bolita seca</b> (Prueba de resistencia) - • Se considera como suelo apto, cuando la bolita al ser aplastada con los dedos se desmorona en trozos grandes	Se desmorona en trozos grandes	
	<b><u>RESULTADO</u></b>	

Anexo 9. Fachada de vivienda afectada por las lluvias.



Fuente Propia

Anexo 10. Desmoronamiento y desintegración del adobe en forma de barro.



Fuente Propia

Anexo 11. Desintegración del adobe.



Fuente Propia

Anexo 12. Muro de adobe afectado por lluvias y humedad que lo producen.



Fuente Propia

Anexo 13. Vivienda de adobe afectada por lluvias.



Fuente Propia

Anexo 14. Muro de adobe desintegrándose.



Fuente: Propia

Anexo 15. Vivienda de adobe en mal estado.



Fuente: Propia

Anexo 16. Viviendas de adobe del Barrio Cecilio Limaymanta.



Fuente: Propia