



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

“EVALUACION COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES FISICAS Y
MECANICAS DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERIA DE ADOBE CON
TIRAS DE CAUCHO RESPECTO A UNA UNIDAD DE ADOBE
TRADICIONAL, CUSCO 2019”

Presentado por:

Bach. Moreano Huacac, Pedro Edgar.

Para optar el Título Profesional de Ingeniero
Civil

Asesor:

Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza

CUSCO – PERU

2019



DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre Luz Marina, por ser el pilar más importante en mi vida y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional. A mi padre, a pesar de nuestras diferencias, siempre estuviste conmigo, sé que este momento es tan especial para ti como lo es para mí.

A mi abuelos Pedro y Graciela quienes me cuidan desde el cielo y me protegen siempre, a mis abuelos Camilo y Juana, por todo su amor incondicional.

A mis tíos Urbano, Nicomedes, Camilo; a mis tías Tula, Vilma, Kenni; son como padres y madres para mí.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.

A mis tíos y tías, por siempre estar ahí para mí sin importar motivo ni circunstancia, por sus consejos y regaños; gracias por ser el más engreído.

A mi Asesor de tesis Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza quien con su experiencia, conocimiento y motivación me oriento en la investigación. Al Ing. Heiner Soto Florez por sus consejos, enseñanzas y apoyo en la presente tesis.

A mis primos y amigos cual apoyo fue fundamental y a Steffany gracias por estar siempre ahí, a todos ustedes eternamente gracias.



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe adicionadas con tiras de caucho respecto con las unidades de adobe preparadas de forma tradicional en el distrito de San Sebastián.

Indicar, que se hicieron ensayos de control que permitan determinar las características de los materiales utilizados para lo cual la investigación se basó en las siguientes pruebas y ensayos:

- Prueba de la botella.
- Ensayo de granulometría.
- Ensayos para los límites de Atterberg.
- Prueba del disco.

Para la determinación de las características físicas y mecánicas se hizo con la ayuda de los siguientes ensayos:

- Ensayo de absorción.
- Ensayo de succión.
- Ensayo de alabeo.
- Ensayo erosión acelerada swimburn (SAET).
- Ensayo de resistencia a la compresión de unidades.
- Ensayo de resistencia a la flexión de unidades

Además de ellos, los elementos evaluados tuvieron las siguientes características:

- Unidades de adobe de 40 cm x 20 cm x 10 cm.
- Tiras de caucho de 30 cm x 2 cm x 0.6 cm
- Las unidades de adobe fueron fabricadas con material ubicado en la Vía Expresa-districto San Sebastián.
- Las unidades de adobe son elaboradas por el mismo fabricante.

La comparación de la misma, generó resultados favorables para las unidades de adobe adicionado con tiras de caucho, ya que estas unidades poseen mejores propiedades mecánicas respecto a las unidades de adobe tradicional.

Palabras claves: Evaluación comparativa, propiedades físicas y mecánicas, unidad de albañilería.



ABSTRACT

The main objective of this work is to evaluate the physical and mechanical properties of adobe units added with rubber strips with respect to adobe units prepared in a traditional way in the district of San Sebastián.

Indicate that control tests were carried out to determine the characteristics of the materials used for which the investigation was based on the following tests and tests:

- Bottle test.
- Granulometry test.
- Trials for Atterberg boundaries.
- Disc test.

To determine the physical and mechanical characteristics, it was done with the help of the following tests:

- Absorption test.
- Suction test.
- Warping test.
- Swinburn Accelerated Erosion Test (SAET).
- Compressive strength test of units.
- Flexural strength test of units

In addition to them, the evaluated elements had the following characteristics:

- 40 cm x 20 cm x 10 cm adobe units.
- 30 cm x 2 cm x 0.6 cm rubber strips
- The adobe units were manufactured with material located in the Expressway San Sebastián - district.
- Adobe units are made from the same manufacturer.

The comparison of the same, generated favorable results for adobe units added with rubber strips, since these units have better resistant mechanical properties and better performance compared to traditional adobe units.

Key words: Benchmarking, physical and mechanical properties, masonry unit.



INTRODUCCIÓN

El adobe ha sido la unidad de albañilería más utilizada en nuestra región en la última década según el Programa Nacional de Vivienda Rural PNVR del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento desde el año 2016 fecha en que se lanzó por primera vez el programa SUMAQ WASI, aún así, en la actualidad poseemos la Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada una normativa muy básica que genera problemas técnicos en el uso de esta unidad de albañilería.

En gran parte los problemas técnicos en la construcción de viviendas con adobe son a causa de la fragilidad que tienen dicha unidad ante posibles sismos, inundaciones, lluvias prolongadas u otros fenómenos naturales, por todos los problemas antes mencionados se optan por introducir nuevas tecnologías con el objetivo de garantizar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe.

Esta investigación esta referenciada a las diferencias de las propiedades físicas y mecánicas que existen entre las unidades de adobe que se elabora de manera tradicional en la Vía Expresa del distrito de San Sebastián y las unidades de adobe reforzado con tiras de caucho.

Al ser el caucho un material altamente reciclable y económico que podemos obtener de llantas en desuso o incluso botadas en las diferentes vías alternas de nuestra ciudad; dicha investigación se realiza con el propósito de proponer nuevas tecnologías a las unidades de adobe y además de informar a la comunidad Sebastiana acerca de unidades de adobe más resistentes y económicas que las unidades convencionales.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA..... ii

AGRADECIMIENTO..... iii

RESUMEN..... iv

ABSTRACT..... v

INTRODUCCIÓN vi

Capítulo I 1

Planteamiento del problema..... 1

1.1. Identificación del problema..... 1

1.1.1. Descripción del problema..... 1

1.1.2. Formulación del problema. 2

1.2. Justificación e importancia de la investigación..... 2

1.2.1. Justificación técnica. 2

1.2.2. Justificación social. 3

1.2.3. Justificación por viabilidad. 3

1.2.4. Justificación por relevancia. 3

1.3. Limitaciones de la investigación. 4

1.4. Objetivo de la investigación..... 4

1.4.1. Objetivo general. 4

1.4.2. Objetivos específicos..... 4

Capítulo II..... 6

Marco teórico de la tesis 6

2.1. Antecedentes de la tesis..... 6

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional 6

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional..... 8

2.2. Bases teóricas. 9

2.2.1. Caucho..... 9



2.2.2. Adobe tradicional. 9

2.2.3. Adobe estabilizado. 10

2.2.4. Propiedades del adobe 10

2.2.5. Características del adobe 10

2.2.6. Componentes del adobe. 10

2.2.7. Selección de material. 12

2.2.8. Fabricación del adobe..... 19

2.2.9. Propiedades físicas de la unidad de adobe. 23

2.2.10. Propiedades mecánicas de las unidades de adobe. 23

2.2.11. Pruebas de laboratorio. 25

2.3. Hipótesis..... 31

2.3.1. Hipótesis general 31

2.3.2. Sub hipótesis. 31

2.4. Definición de variables..... 32

2.4.1. Variables independientes..... 32

2.4.2. Variables..... 33

2.4.3. Operacionalización de variables..... 35

Capítulo III 36

Metodología..... 36

3.1. Metodología de la investigación. 36

3.1.1. Tipo de investigación. 36

3.1.2. Nivel de la investigación 36

3.1.3. Método de la investigación. 36

3.2. Diseño de la investigación..... 36

3.2.1. Diseño metodológico..... 36

3.2.2. Diseño de Ingeniería..... 37

3.3. Población y muestra. 38



3.3.1. Población.....	38
3.3.2. Muestra.....	39
3.4. Instrumentos.....	41
3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.....	41
3.4.2. Instrumentos y equipos de laboratorio.....	46
3.5. Procedimiento de recolección de datos.....	46
3.5.1. Elaboración de las tiras de caucho.....	46
3.5.2. Fabricación de las unidades de adobe.....	48
3.5.3. Ensayos de conformidad.....	58
3.5.4. Ensayos de laboratorio.....	63
3.6. Procedimientos de análisis de datos.....	108
3.6.1. Ensayos de laboratorio.....	108
Capítulo IV.....	143
Resultados.....	143
4.1. Fabricación del adobe.....	143
4.1.1. Adobe tradicional.....	143
4.1.2. Adobe tipo I.....	143
4.1.3. Adobe tipo II.....	143
4.2. Ensayos de laboratorio.....	143
4.2.1. Muestreo.....	143
4.2.2. Ensayo de límites de atterberg.....	143
4.2.3. Ensayo de límites de granulometría.....	144
4.2.4. Ensayo de alabeo.....	145
4.2.5. Ensayo de absorción.....	146
4.2.6. Ensayo de succión.....	147
4.2.7. Ensayo de erosión acelerada swinburne (SAET).....	148
4.2.8. Ensayo de resistencia a la compresión de unidades.....	149



4.2.9. Ensayo de resistencia a la flexión de unidades. 150

Capítulo V 151

Discusión 151

Glosario 154

Conclusiones 157

Recomendaciones 160

Referencias. 162

Anexos..... 164



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad de especímenes a ensayar. 40

Tabla 2: Tabla de recolección de datos de límite líquido..... 41

Tabla 3: Tabla de recolección de datos de límite plástico..... 42

Tabla 4: Tabla de recolección de datos de límite plástico..... 42

Tabla 5: Tabla de recolección de datos del ensayo de alabeo..... 43

Tabla 6: Tabla de recolección de datos del ensayo de absorción..... 43

Tabla 7: Tabla de recolección de datos del ensayo de succión. 44

Tabla 8: Tabla de recolección de datos del ensayo de erosión acelerada saet. 44

Tabla 9: Tabla de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión. 45

Tabla 10: Tabla de recolección de datos del ensayo de resistencia a la flexión. 45

Tabla 11: Toma de datos del ensayo de muestreo de suelos..... 65

Tabla 12: Toma de datos del ensayo limite líquido. 68

Tabla 13: Toma de datos del ensayo limite plástico. 71

Tabla 14: Toma de datos del ensayo de granulometría..... 73

Tabla 15: Toma de datos del ensayo de alabeo adobe tradicional. 76

Tabla 16: Toma de datos del ensayo de alabeo adobe tipo I..... 77

Tabla 17: Toma de datos del ensayo de alabeo adobe tipo II. 78

Tabla 18: Toma de datos del ensayo de absorción adobe tradicional. 81

Tabla 19: Toma de datos del ensayo de absorción adobe tipo I..... 82

Tabla 20: Toma de datos del ensayo de absorción adobe tipo II. 83

Tabla 21: Toma de datos del ensayo de succión adobe tradicional. 87

Tabla 22: Toma de datos del ensayo de succión adobe tipo I..... 88

Tabla 23: Toma de datos del ensayo de succión adobe tipo II..... 89

Tabla 24: Toma de datos saet – adobe tradicional. 93

Tabla 25: Toma de datos saet – adobe tipo I..... 94

Tabla 26: Toma de datos saet – adobe tipo II. 95

Tabla 27: Toma de datos ensayo de compresión de unidades – adobe tradicional..... 99

Tabla 28: Toma de datos ensayo de compresión de unidades – adobe tipo I. 100

Tabla 29: Toma de datos ensayo de compresión de unidades – adobe tipo II. 101

Tabla 30: Toma de datos ensayo de flexión de unidades – adobe tradicional. 105

Tabla 31: Toma de datos ensayo de flexión de unidades – adobe tipo I..... 106

Tabla 32: Toma de datos ensayo de flexión de unidades – adobe tipo II. 107



Tabla 33:: Análisis de datos - muestreo.	108
Tabla 34: Análisis de datos – límites de Atterberg.	109
Tabla 35: Tipo de material según su plasticidad.	110
Tabla 36: Análisis de datos - granulometría.....	111
Tabla 37: Sistema de clasificación AASHTO.....	112
Tabla 38: Sistema de clasificación AASHTO.....	113
Tabla 39: Análisis de datos – alabeo adobe tradicional.	114
Tabla 40: Análisis de datos – alabeo adobe tipo I.....	115
Tabla 41: Análisis de datos – alabeo adobe tipo II.	116
Tabla 42: Análisis de datos – promedio alabeo.....	117
Tabla 43: Análisis de datos – absorción adobe tradicional.	119
Tabla 44: Análisis de datos – absorción adobe tipo I.....	120
Tabla 45: Análisis de datos – absorción adobe tipo II.	121
Tabla 46: Análisis de datos – succión adobe tradicional.	123
Tabla 47: Análisis de datos – succión adobe tipo I.	124
Tabla 48: Análisis de datos – succión adobe tipo II.....	125
Tabla 49: Análisis de datos – ensayo de succión.	126
Tabla 50: Resistencia a la erosión, criterios de aceptación o rechazo.....	127
Tabla 51: Análisis de datos – (SAET) adobe tradicional.	128
Tabla 52: Análisis de datos – (SAET) adobe tipo I.....	129
Tabla 53: Análisis de datos – (SAET) adobe tipo II.	130
Tabla 54: Análisis de datos – SAET.	131
Tabla 55: Análisis de datos – resistencia a la compresión adobe tradicional.	133
Tabla 56: Análisis de datos – resistencia a la compresión adobe tipo I.	134
Tabla 57: Análisis de datos – resistencia a la compresión adobe tipo II.....	135
Tabla 58: Análisis de datos – resistencia a la compresión de unidades.	136
Tabla 59: Análisis de datos – resistencia a la flexión adobe tradicional.....	138
Tabla 60: Análisis de datos – resistencia a la flexión adobe tipo I.	139
Tabla 61: Análisis de datos – resistencia a la flexión adobe tipo II.	140
Tabla 62: Análisis de datos – resistencia a la flexión de unidades.	141
Tabla 63: Resultados - muestreo.	143
Tabla 64: Resultados – Límites Atterberg.....	143
Tabla 65: Resultados – tipo de material según clasificación SUCS.	144
Tabla 66: Resultados – granulometría.....	144



Tabla 67: Resultados – porcentajes de arenas, limos y arcillas.	144
Tabla 68: Resultados – ensayo de alabeo.....	145
Tabla 69: Resultados – ensayo de absorción.....	146
Tabla 70: Resultados – ensayo de succión.....	147
Tabla 71: Resultados – ensayo de erosión acelerada - SAET.....	148
Tabla 72: Resultados – ensayo de resistencia a la compresión de unidades.....	149
Tabla 73: Resultados – ensayo de resistencia a la flexión de unidades.....	150



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Elaboración de adobe en la vía expresa San Sebastián Cusco..... 1

Figura 2: Selección de suelo..... 12

Figura 3: Prueba granulométrica (Prueba de la botella)..... 13

Figura 4: Moldeo de bolitas para la prueba de resistencia seca 14

Figura 5: Prueba “Presencia de arcilla o resistencia seca” 15

Figura 6: Dimensiones del adobe 20

Figura 7: Mezclado..... 20

Figura 8: Moldeo 21

Figura 9: Secado y almacenamiento..... 22

Figura 10: Control de calidad 22

Figura 11: Control de calidad 22

Figura 12: Ensayo de resistencia a la compresión..... 26

Figura 13: Ensayo de resistencia a la flexión 27

Figura 14: Ensayo de succión..... 29

Figura 15: Ensayo de absorción 30

Figura 16: Ensayo de erosión acelerada SAET 31

Figura 17: Adobe tradicional..... 38

Figura 18: Adobe tipo I y tipo II 38

Figura 19: Búsqueda y recolección de llantas en desuso. 47

Figura 20: Marcado y corte de las llantas para la obtención de las tiras de caucho..... 47

Figura 21: Marcado y corte de las llantas para la obtención de las tiras de caucho..... 48

Figura 22: Tiras de caucho listas para su utilización. 48

Figura 23: Mezclado de la materia prima con el agua para formar la pasta..... 49

Figura 24: Pisado de barro para uniformizar la mezcla 49

Figura 25: Dormido de la pasta de barro..... 50

Figura 26: Pasta de barro lista para el moldeo de adobe..... 50

Figura 27: Elaboración de las unidades de adobe añadidas con paja..... 50

Figura 28: Unidades de adobe tradicional listas para su secado. 51

Figura 29: Pasta de barro y tiras de caucho listas para la elaboración de las unidades de adobe tipo I 52

Figura 30: Colocación de la pasta de barro y las 03 (tres) tiras de caucho..... 52

Figura 31: Verificación de las 03 tiras de caucho a la unidad de adobe a una altura de 5 cm. 52

Figura 32: Colocación de la pasta de barro faltante para terminar la elaboración de la unidad de adobe tipo I.....	53
Figura 33: Verificación de la elaboración de las unidades de adobe tipo I.....	53
Figura 34: Se elaboró 60 unidades de adobe tipo I.	54
Figura 35: Colocación de la primera capa de pasta de barro para la elaboración de la unidad de adobe tipo II	55
Figura 36: Colocación de las primeras 03 tiras de caucho.....	55
Figura 37: Verificación de la altura de las primera 03 tiras de caucho.....	55
Figura 38: Colocación de la segunda capa de pasta de barro hasta una altura de 7cm.	56
Figura 39: Colocación de las 03 tiras de caucho superiores a una altura de 7cm.	56
Figura 40: Verificación de la altura de las tiras de caucho a una altura de 7cm.	56
Figura 41: Colocación de la última capa de pasta de barro para la elaboración de la unidad de adobe tipo II.	57
Figura 42: Unidades de adobe tipo II listas para su secado.	57
Figura 43: Se elaboró 60 unidades de adobe tipo II.....	57
Figura 44: Llenar la otra mitad con agua.	59
Figura 45: Agitar vigorosamente.....	59
Figura 46: Dejamos reposar.	59
Figura 47: Medir los estratos.....	60
Figura 48: Cinta de barro suspendida de 4mm. de espesor.....	61
Figura 49: Amasar.....	62
Figura 50: Formamos 04 bolitas.....	63
Figura 51: Dejamos secar por 48 horas y rompemos.....	63
Figura 52: Cuarteo de la muestra de suelo.	64
Figura 53: Seleccionamos la muestra representativa de suelo.	64
Figura 54: Pesamos la muestra representativa.	65
Figura 55: Pasamos la muestra por el tamiz #40.....	66
Figura 56: Humedecemos la muestra representativa.....	66
Figura 57: Colocamos la muestra húmeda en la cuchara de casa grande.	67
Figura 58: Procedemos a realizar la división con el acanalador.	67
Figura 59: Tomamos más muestras y las dejamos secar en el horno.....	68
Figura 60: Formación de rollitos hasta su ruptura.....	69
Figura 61: Ruptura de los rollitos.....	70
Figura 62: Pesamos la muestra en la tara.	70



Figura 63: Muestras pesadas y listas para llevarlas al horno. 70

Figura 64: Pesamos la muestra previamente secada en el horno. 72

Figura 65: Zarandeo del material. 72

Figura 66: Registramos el peso del material retenido de cada malla 72

Figura 67: Material retenido en cada malla..... 73

Figura 68: Limpieza de las unidades de adobe. 74

Figura 69: Medición del alabeo con la cuña metálica. 74

Figura 70: Ensayo de alabeo en la unidad de adobe tradicional. 75

Figura 71: Ensayo de alabeo en la unidad de adobe tipo I. 75

Figura 72: Ensayo de alabeo en la unidad de adobe tipo II..... 75

Figura 73: Peso de la unidad de adobe antes del ensayo..... 79

Figura 74: Inmersión de las unidades de adobe tradicional. 79

Figura 75: Inmersión de las unidades de adobe tipo I..... 80

Figura 76: Inmersión de las unidades de adobe tipo II. 80

Figura 77: Llenamos las bandejas con agua hasta una altura de 3mm..... 84

Figura 78: Pesamos las unidades de adobe antes del ensayo. 85

Figura 79: Colocamos la unidad en la bandeja durante 1 min. 85

Figura 80: Registramos el peso de las unidades después de el ensayo. 85

Figura 81: Unidades de adobe tipo i después de su ensayo. 86

Figura 82: Unidades de adobe tipo ii después de su ensayo. 86

Figura 83: Unidades de adobe a ensayar. 90

Figura 84: Se Colocó la unidad de adobe a un ángulo de 27°..... 91

Figura 85: Dejamos discurrir el agua. 91

Figura 86: Ensayamos durante 10min. 91

Figura 87: Procedemos a medir la oquedad. 92

Figura 88: Unidades de adobe tipo I ensayadas. 92

Figura 89: Unidades de adobe tipo II ensayadas..... 92

Figura 90: Medimos el área de la unidad de adobe a ensayar..... 96

Figura 91: Colocamos la unidad de adobe con las láminas de neopreno. 97

Figura 92: Sometemos la unidad de adobe a compresión hasta que falle. 97

Figura 93: Registramos el valor de la carga registrada en la máquina de compresión. 97

Figura 94: Verificamos la falla de la unidad de adobe tipo II (6 Tiras de caucho)..... 98

Figura 95: Unidades de adobe ensayas para llevarlas al desmonte..... 98

Figura 96: Selección de las unidades de adobe a ensayar. 102



Figura 97: Medición del ancho y la altura de la unidad a ensayar. 102

Figura 98: Llevamos la unidad de adobe para su ensayo. 103

Figura 99: Tomamos nota de la carga que registra la máquina de compresión. 103

Figura 100: Verificación de la falla de la unidad de adobe tradicional..... 103

Figura 101: Verificación de la falla de la unidad de adobe tipo I. 104

Figura 102: Verificación de la falla de la unidad de adobe tipo II..... 104

Figura 103: Carta de plasticidad de casa grande 110

Figura 104: Curva granulométrica. 112

Figura 105: Análisis de datos – ensayo alabeo. 117

Figura 106: Análisis de datos – ensayo de succión..... 126

Figura 107: Análisis de datos – SAET..... 131

Figura 108: Análisis de datos – resistencia a la compresión de unidades..... 136

Figura 109: Análisis de datos – resistencia a la flexión de unidades. 141

Figura 110: Resultados – ensayo de alabeo. 145

Figura 111: Resultados – ensayo de absorción. 146

Figura 112: Resultados – ensayo de succión..... 147

Figura 113: Resultados – ensayo de erosión acelerada - SAET..... 148

Figura 114: Resultados – ensayo de resistencia a la compresión de unidades..... 149

Figura 115: Resultados – ensayo de resistencia a la flexión de unidades..... 150

Capítulo I

Planteamiento del problema

1.1. Identificación del problema.

1.1.1. Descripción del problema.

Como se sabe el adobe presenta una gran inestabilidad mecánica lo que hace que sea muy vulnerable ante fenómenos naturales, las tiras de caucho colocadas en la unidad de adobe busca ser una opción para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de adobe para que así las construcciones de adobe en nuestra ciudad sean más seguras para las personas que las habitan.

En el distrito de San Sebastián, el personal que se encarga de la elaboración de adobes no se encuentran capacitados o no cumplen con las consideraciones generales de la norma E.080 y al no haber innovaciones en su fabricación perjudica tanto a las propiedades físicas y mecánicas; se debería mejorar todos los aspectos antes mencionados ya que el adobe es un material de construcción muy económico y fácil de elaborar.



Figura 1: Elaboración de adobe en la Vía Expresa San Sebastián Cusco.

El adobe sin ningún aditamento posee poca resistencia a las diferentes propiedades físicas y mecánicas cosa que afecta en demasía a la mayoría de viviendas que son de este material, pero con el aditamento adecuado pueden mejorar y podríamos obtener resultados eficientes.



La elaboración de adobes en nuestra localidad en su mayoría son artesanales al no cumplir con propiedades físicas como el alabeo, absorción, succión y propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y flexión ya que se elaboran sin cumplir las consideraciones que se dictan en la Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, donde nos mencionan todas las especificaciones que debemos tener sobre el adobe.

1.1.2. Formulación del problema.

1.1.2.1. Formulación interrogativa de problema general

¿Cuál será la evaluación comparativa de las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de adobe con tiras de caucho respecto a un adobe tradicional?

1.1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

1. ¿Cuáles serán los valores de alabeo de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto al de un adobe tradicional?
2. ¿Cuáles serán los valores de absorción de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto al de un adobe tradicional?
3. ¿Cuáles serán los valores succión de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto de un adobe tradicional?
4. ¿Cuál será el nivel de comportamiento al ensayo de erosión acelerada Swinburne de las unidades de adobe reforzado con tiras de caucho respecto al de un adobe tradicional?
5. ¿Cuál será la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto al de un adobe tradicional?
6. ¿Cuál será la resistencia a la flexión de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto al de un adobe tradicional?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1. Justificación técnica.

La importancia de la investigación radica en evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho, ya que la provincia del Cusco al encontrarse en la zona 2; constituye una zona de sismicidad elevada que es una



afirmación sustentada en el capítulo II de la norma E.080 en el Mapa de Zonificación Sísmica; también debido a las múltiples fallas geológicas que se presentan a lo largo de nuestra región como son la falla Paruro, falla Pachatusan, falla Tambomachay por nombrar las más resaltantes; entonces las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de adobe deberían ser las más óptimas para que podamos cumplir con los parámetros de construcción de la Norma E.080.

1.2.2. Justificación social.

Con esta investigación los beneficiarios serán todas las personas que pretendan construir edificaciones en adobe, ya que este estudio contribuirá para que las edificaciones en adobe sean más resistentes ante cualquier evento sísmico que pueda ocurrir en nuestra ciudad.

Además, este estudio ampliará los conocimientos no solo de los estudiantes de la Universidad Andina del Cusco sino también de toda la colectividad cusqueña sobre otro tipo de uso del caucho para futuras investigaciones.

1.2.3. Justificación por viabilidad.

La presente investigación es viable, ya que esta no genera un gasto considerable en su desarrollo, el adobe puede ser realizado en cualquier lugar a lo largo de nuestra región, de la misma manera podemos encontrar llantas en desuso para poder obtener el caucho y así reciclar las llantas que son altamente contaminantes, todo lo antes mencionado permite que este estudio se realice sin ningún inconveniente.

Muy aparte el investigador cuenta con el tiempo necesario para realizar la presente investigación hasta su culminación, respecto a los ensayos a realizarse contamos con el laboratorio de suelos, concreto y pavimentos de la Universidad Andina del Cusco, además de las normativas, guías de observación y personal calificado.

1.2.4. Justificación por relevancia.

El uso del caucho es una opción para mejorar las construcciones de adobe, es un aporte importante puesto que el caucho es un material altamente reciclable y es fácil de adquirirlo a lo largo de nuestra región ya que se le puede dar usos constructivos, que servirán para las viviendas que se puedan construir a lo largo de nuestra región Cusco y donde las personas posean bajos recursos económicos.



Esta investigación es importante, ya que de manera técnica podremos dar a conocer a la población la implementación de nuevas tecnologías en las unidades de adobe, la cual puedan generar mejoras en sus propiedades físicas como son el alabeo, la succión y la absorción y sus propiedades mecánicas como son la resistencia a la compresión y resistencia a la flexión.

1.3. Limitaciones de la investigación.

1. Se limita a las unidades de adobe tradicional elaboradas en el distrito de San Sebastián.
2. Se limita a las unidades de adobe con la adición de tiras de caucho en dimensiones de 30cm x 2.5cm x 0.6cm; y en cantidades de 03 y 06 tiras.
3. Se limita a las unidades de adobe estudiadas de dimensiones 40 x 20 x10 cm.
4. Se limita al estudio de propiedades físicas y mecánicas (alabeo, absorción, succión resistencia a la compresión de las unidades, resistencia a la flexión de las unidades y SAET).
5. La Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada (adobe) no analiza a fondo al adobe ya que solo esta lo analiza como unidad simple a comparación de las normas internacionales como son la norma española UNE 41410 bloques de tierra comprimida para muros y tabiques, norma colombiana NRS-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismoresistente y AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) , las cuales comprenden lo referente al adobe simple o mejorado como unidad para la construcción de albañilería con este material, así como las características, comportamiento y diseño.

1.4. Objetivo de la investigación.

1.4.1. Objetivo general.

Evaluar comparativamente las propiedades físico mecánicas de la unidad de albañilería de adobe reforzada con tiras de caucho respecto a un adobe tradicional.

1.4.2. Objetivos específicos.

1. Evaluar comparativamente las características de alabeo de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto a un adobe tradicional.



2. Evaluar comparativamente las características de absorción de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto a un adobe tradicional.
3. Evaluar comparativamente las características de succión de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto a un adobe tradicional.
4. Evaluar el nivel de comportamiento al ensayo de erosión acelerada Swinburne de La unidad de albañilería de adobe reforzado respecto a un adobe tradicional.
5. Analizar comparativamente la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto a un adobe tradicional.
6. Analizar comparativamente la resistencia a la compresión de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho respecto a un adobe tradicional.



Capítulo II

Marco teórico de la tesis

2.1. Antecedentes de la tesis.

2.1.1. Antecedentes a nivel nacional

Primer antecedente.

“Evaluación de la resistencia al corte de la albañilería reforzada con fibras de paja trenzada embebidas entre la unidad de adobe y el mortero”

Presentado por: Apaza Quisani Raisa Suyana; Morales Gutiérrez Nadia.

Para optar: El título profesional de Ingeniero Civil.

Procedencia: Universidad Andina del Cusco, Cusco 2016.

Resumen:

En muchas partes del Perú, sobre todo en los pueblos más lejanos y en comunidades rurales en los andes peruanos, se construye con adobe. Los pobladores de estas comunidades son conscientes de los diferentes peligros que amenazan su seguridad, sin embargo, ignoran la vulnerabilidad de sus construcciones de tierra.

En la presente investigación se analiza experimentalmente el comportamiento de la resistencia al corte de la albañilería de adobe reforzada con fibras de paja trenzada embebidas entre el mortero y la unidad de adobe.

En la etapa de selección, se tomó diferentes diámetros de fibras de paja trenzada embebidas entre el mortero y la unidad de adobe de 0.5 cm y 1.0 cm con una longitud de 25 cm, donde la variación de las fibras está en el número del colocado en las caras de las unidades de adobe, que varían de 2 a 4 trenzas de cada diámetro.

Se fabricaron 205 unidades de adobe con insumos del distrito de San Jerónimo, para formar las pilas de albañilería reforzada con fibras de paja trenzada.

Esta alternativa se propuso con la finalidad de dar mayor resistencia al corte de la albañilería, la resistencia a corte según norma es de 0.25 kg/cm², donde el reforzamiento de las



fibras de paja trenzada embebidas entre el mortero y la unidad de adobe lograron un incremento del 52.92% con respecto a las pilas patrón.

Los ensayos realizados desde el colocado longitudinal de 2 trenzas a 4 trenzas de los diferentes diámetros en las caras de las unidades de adobe, tienden al incremento en la resistencia al corte de la albañilería.

Se evaluaron también cubos de mortero, cuya resistencia se varía en un 60.23% con respecto a la norma E. 080, y la resistencia a tracción de las fibras de paja trenzada tiene un módulo de Young (módulo de elasticidad) es de 2070.35 kgf/cm².

Conclusión:

De la tesis anterior se puede concluir que la información que se obtuvo será de mucho aporte para el presente proyecto de tesis al brindarnos datos valiosos sobre resistencia al corte, dimensiones utilizadas que nos podrán servir como precedentes tanto en el adobe como en el aditamento utilizado y así poder desarrollar el proyecto de la mejor manera.

Segundo antecedente.

“Resistencia a compresión, flexión y absorción del adobe compactado con

Adición de goma de tuna”

Presentado por: Carlos Juan Bolaños Rodríguez

Para optar: El título profesional de Ingeniero Civil.

Procedencia: Universidad Privada del Norte, Cajamarca - Perú 2016.

Resumen:

Este estudio tuvo como objetivo general evaluar la resistencia a compresión, flexión y absorción de las unidades de adobe compactadas con adición de gomas de tuna, para ello se realizó el estudio de suelos para caracterizar los materiales y así elaborar en función a ello las unidades de adobe compactadas.

El material en cuanto al suelo utilizado para la elaboración de estas unidades fue extraído de la cantera “Shaullo Chico”, para ello inicialmente se realizó el análisis granulométrico, así como los límites de consistencia, para obtener la clasificación del mismo y así también poder ver si este material cumple con los requisitos que exige la Norma Técnica Peruana E.080, luego a través del ensayo de Proctor Modificado se determinó la cantidad de agua necesaria utilizada



en la elaboración de las unidades de adobe patrón así como también en las unidades con goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15%. Cabe resaltar mencionar que estos adobes fueron elaborados a través de la máquina CINVA RAM, disponible en la Universidad Privada del Norte Cajamarca.

Los resultados hallados indicaron que todos sus adobes superaron la resistencia mínima que indica la norma técnica de edificaciones E.080, los resultados de la muestra patrón y con goma de tuna de 5%, 10% y 15% presentan valores de 19.19 kg/cm², 21.90 kg/cm², 25.27 kg/cm² y 27.56 kg/cm² respectivamente, siendo el mejor adobe con resistencia a la compresión el de 15% con goma de tuna.

Conclusión:

El adobe compactado con adición de goma de tuna en porcentajes de 5%, 10% y 15% aumentan la resistencia a compresión y flexión hasta un 43% y 42 % respectivamente en comparación con la muestra patrón sin aditivo y para la absorción de agua la muestra patrón no resistió la prueba, pero las unidades con adición de goma de tuna de 5% y 10% fueron las únicas que resistieron este ensayo.

2.1.2. Antecedentes a nivel internacional.

Primer antecedente.

“Optimización en el uso de adobe sismo resistente, como material constructivo para viviendas familiares de bajo costo”

Presentado por: José Luis Muentes Alvarado.

Para optar: El título profesional de Ingeniero Civil.

Procedencia: Universidad de Guayaquil, Guayaquil – Ecuador 2016.

Resumen:

En la presente investigación se expone el tema del adobe como material de construcción, para dar a conocer un sistema alternativo en la elaboración de viviendas ecológicas y sismo resistentes, para lo cual se ha dispuesto trabajar con la Norma Técnica Peruana E.080 Construcción con Tierra Reforzada, en la cual establecen los requisitos y criterios técnicos de diseño para este tipo de edificaciones. El trabajo cuenta con un análisis comparativo de las bondades entre las viviendas de adobe tradicional y las viviendas con tecnología de



reforzamiento; que mejoren el comportamiento de las construcciones en adobe ante los fenómenos sísmicos.

Este modelo estructural planteado dio respuesta a uso de adobe como material de construcción el cual fue mejorado con un agente estabilizante como lo es el cemento portland y los sistemas de refuerzo de confinamiento como es el uso de geo mallas o malla de alambre galvanizado la cuales garantizan confinamiento a los muros aumentando su resistencia a la tracción causada por los sismos.

Conclusión:

En cuanto al análisis elaborado en la investigación al elemento sólido (muro de adobe) por flexión, cortante y volteo se ha podido comprobar el desempeño de una manera favorable para este tipo de elementos estructurales mejorando en porcentajes considerables tales características de resistencia.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Caucho.

El caucho es un material, el cual es obtenido a partir de las secreciones de tipo lechosa, que son producidas por el árbol de caucho. La resina que se obtiene de forma natural del árbol se conoce como nombre de látex , luego de eso , este producto es tratado con diversos químicos, los que luego van a dar paso a la fabricación de látex, los usos de este material pueden ser muy variados, sin embargo la aplicación que mayor relevancia tiene es en la fabricación de neumáticos y ciertos compendios hechos a partir de hidrocarburos, en la actualidad este material puede llegar a producirse de forma artificial para lo cual se requiere que se repliquen las técnicas de producción. (Blondeth, 2005)

2.2.2. Adobe tradicional.

Bloque macizo de tierra y paja elaborado de forma artesanal, generalmente sin el debido control de calidad en cuanto a sus materiales, dimensiones y propiedades resistentes, elaborado y comercializado principalmente en los distritos de San Jerónimo y San Sebastián de la ciudad del Cusco.



2.2.3. Adobe estabilizado.

Adobe es el que se ha incorporado otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad. (Norma Técnica Peruana E-080, Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

2.2.4. Propiedades del adobe

El adobe tiene propiedades muy buenas para la construcción desde el punto de vista del confort, ya que posee buenas propiedades térmicas y acústicas.

Siendo una de las propiedades del adobe su inercia térmica, que se caracteriza por su lentitud para calentarse y enfriarse, las viviendas de adobe resultan abrigadoras durante las noches debido a que en ese periodo los muros van restituyendo por radiación el calor acumulado durante el día; inversamente permanecen frescas durante el día, periodo en el cual los muros almacenan calor. Esta característica reduce la necesidad de consumir energía para calentar o enfriar los ambientes y, adecuadamente utilizada, hace posible diseñar ambientes confortables y saludables. (De La Peña Estrada, 1997)

2.2.5. Características del adobe

Una de las características del adobe es su bajo costo, ya que la materia prima, la tierra, es generalmente obtenida localmente en canteras cercanas a la obra; mientras que los materiales no locales que se requieren en algunos casos son relativamente pocos y su costo no incide mucho en el monto total de una obra. Por otro lado elaborar adobes y construir con ellos requiere solo del empleo de energía humana y de la solar. El bajo costo es pues una razón determinante para su profusa utilización, por ello esta técnica constructiva es empelada, en su mayoría, por las personas de bajo recursos económicos en nuestro país. Además el uso de materiales disponibles localmente confiere a las construcciones de adobe adecuadas características ecológicas y ambientales. (De La Peña Estrada, 1997)

2.2.6. Componentes del adobe.

Como se conoce, el adobe es una mezcla a base de suelo con un contenido balanceado de materiales finos (arcilla) y de materiales gruesos (arena), así como de agua. Esta mezcla nos va a permitir la elaboración del adobe comúnmente llamado “adobe tradicional”



Una de las variables que más influye en las propiedades del adobe es la relación arcilla/arena, pues si no existe suficiente arcilla, la mezcla de suelo con el resto de los componentes, incluyendo el agua no será suficientemente fuerte como para lograr la consistencia necesaria que debe presentar el adobe para soportar las acciones a las que estará sometido, si por el contrario no hay suficiente arena, la unidad de adobe se fisura por retracción durante el proceso de secado.

La arcilla, actúa como aglomerante manteniendo unida la masa, mientras que la arena sirve de esqueleto interno de la masa. Es por eso que la combinación óptima entre ambos constituyentes influye en un mejor comportamiento del material. Fuente especificada no válida. (De La Peña Estrada, 1997)

2.2.6.1. Limo.

El limo es un sedimento clástico no cohesivo transportado en suspensión por los ríos y por el viento, que se deposita en el lecho de los cursos de agua o sobre los terrenos que han sido inundados. Para que se clasifique como tal, el diámetro de las partículas de limo varía de 0,0039 mm a 0,0625 mm. (Jiménez Salas, 1975)

2.2.6.2. Arcilla.

La arcilla es una roca sedimentaria descompuesta constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratado, procedente de la descomposición de rocas que contienen granito. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, desde el rojo anaranjado hasta el blanco cuando es pura.

Físicamente se considera un coloide, de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. Se caracteriza por adquirir plasticidad al ser mezclada con agua, y también dureza al calentarla por encima de 800 °C. (Jiménez Salas, 1975)

2.2.6.3. Arena.

La arena es un conjunto de fragmentos sueltos de rocas o minerales cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2 milímetros. Una partícula individual dentro de este rango es llamada grano o clasto de arena. (Jiménez Salas, 1975)

2.2.7. Selección de material.

2.2.7.1. Suelos apropiados.

La tierra para fabricar adobes debe estar formada por 15% a 25% de limos y 10% a 20% arcilla y 55% a 70 % de arena. La tierra no debe ser de cultivo. (Norma Técnica Peruana E-080, Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

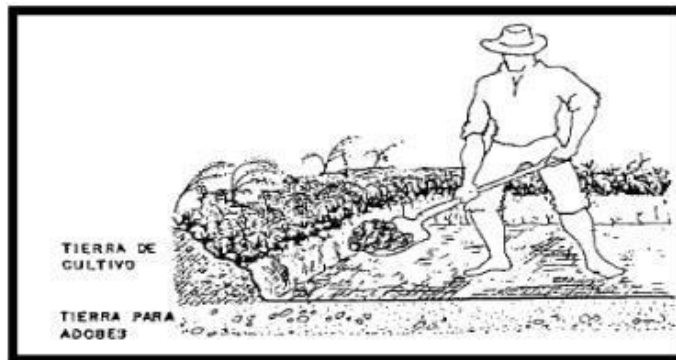


Figura 2: selección de suelo (morales 2000)

2.2.7.2. Pruebas de selección.

Son las pruebas cuyo resultado nos dará a conocer la calidad de la tierra analizada y si es apropiada para fabricar adobes.

Una vez seleccionada la cantera mediante las pruebas que a continuación se indican, es recomendable, antes de proceder a la producción masiva de adobes, fabricar adobes de prueba y efectuar el control de calidad. (Blondeth, 2005)

2.2.7.2.1. Prueba granulométrica (prueba de la botella)

Sirve para determinar la proporción de los componentes principales (arena, limos y arcillas) de la tierra.

Para ello debe seguir los pasos planteados a continuación:

- Llenar con material (suelo) una botella de boca ancha de un litro de capacidad hasta la mitad de su altura.
- Llenar la parte restante con agua limpia.
- Agitar vigorosamente la botella hasta que todas las partículas de la tierra estén en suspensión.

- Poner la botella sobre una mesa y esperar que todas las partículas de arena reposen al fondo. Las partículas de arena reposaran inmediatamente. Las partículas de limos y arcilla durante algunas horas.
- Finalmente medir las capas para determinar la proporción de arena y limos con arcilla. Se recomienda que la cantidad de arena fluctúe entre 1.5 a 3 veces la cantidad de limos y arcillas. (Blondeth, 2005)

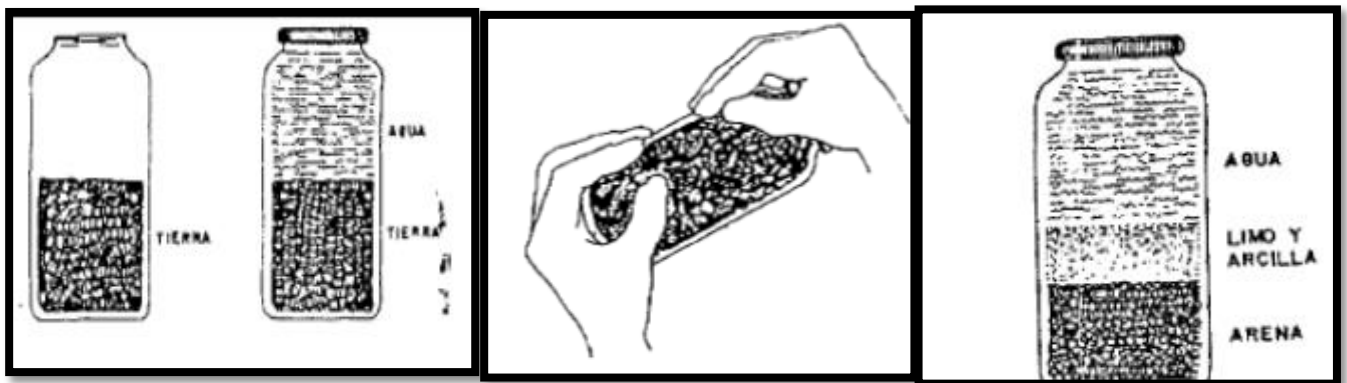


Figura 3: Prueba granulométrica (Prueba de la Botella) (Morales, 2000)

2.2.7.2.2. Prueba de cinta de barro.

Para tener una primera evaluación de la existencia de arcilla en un suelo se puede realizar la prueba “Cinta de barro” (en un tiempo aproximado de 10 minutos). Utilizando una muestra de barro con una humedad que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro, colocado en una mano, aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla.

2.2.7.2.3. Prueba “presencia de arcilla” o “resistencia seca”

- Formar cuatro bolitas con tierra de la zona. Utilizar la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción y agregarle una mínima cantidad de agua para hacer cuatro. (Norma Técnica Peruana E-080, Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

- La cantidad de agua es la mínima necesaria para formar sobre las palmas de las manos cada una de las bolitas, sin que éstas se deformen significativamente a simple vista y al secarse.
- Dejar secar las cuatro bolitas. Las cuatro bolitas deben dejarse secar por 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias, derrames de agua, etc.
- Presionar las cuatro bolitas secas. Una vez transcurrido el tiempo de secado, se debe presionar fuertemente cada una de las bolitas con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano.
- En caso que luego de la prueba, se quiebre, rompa o agriete al menos una sola bolita se debe volver a formar cuatro bolitas con los mismos materiales y dejando secar en las mismas condiciones anteriores.

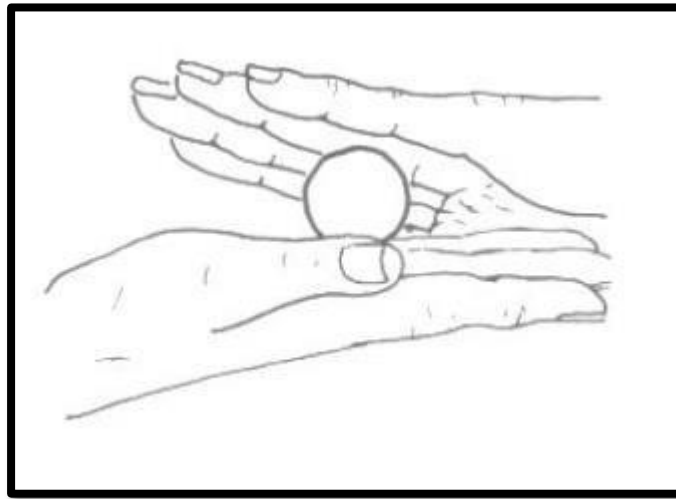


Figura 4: Moldeo de bolitas para la prueba de resistencia seca

(Norma Técnica Peruana E-080, Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

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



Figura 5: Prueba “Presencia de arcilla o resistencia seca”

(Norma Técnica Peruana E-080, Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

2.2.7.2.4. Límites líquido.

El límite líquido es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico, A este nivel de contenido de humedad el suelo está en el vértice de cambiar su comportamiento al de un flujo viscoso. Es decir el límite líquido no es más que la frontera entre el estado semilíquido y el estado plástico.

El ensayo radica en colocar el material en la Cuchara de Casa Grande, separada en dos por la acción de una herramienta para hacer una ranura-patrón, y dejada caer desde la altura de un centímetro, sufra después de dejarla caer 25 veces un cierre de la ranura en una longitud de 12 mm. Siendo así el límite líquido al contenido de agua en el que se produce el cierre de la ranura en los 25 golpes.

Equipo

- Espátula: Con una hoja flexible de aproximadamente 75 mm de largo y 20 mm de ancho.
- Aparato de límite líquido: Taza de bronce montada en un dispositivo de apoyo fijado a una base de plástico duro.
- Acanalador o ranurador: Combinación de acanalador y calibre.
- Tarros de bronce, horno, pipeta, tamiz N° 40
- Balanza; Con una precisión de 0.01 (g).

**Procedimiento.**

- Se procede a pulverizar una cantidad de suficiente de suelo secado al aire, para obtener una muestra representativa del material que pasa a través del tamiz N°40 de aproximadamente 250 gramos.
- Colocar en un recipiente la muestra representativa, añadir una pequeña cantidad de agua y mezclar cuidadosamente el suelo hasta obtener un color uniforme.
- Una vez obtenida una mezcla uniforme y cuando se encuentre en un punto de consistencia (pegajosidad), se procede a realizar un ensayo de prueba intentado no pasar de los 40 golpes para cerrar unos 12 mm de material. En el caso de que pase los 40 golpes se añade material o si por el contrario se cierra antes de los 38 golpes se añade una más agua con la pipeta.
- El ensayo se realiza dentro de un rango de golpes con un máximo de 40 y un mínimo de 10. Es preferible comenzar desde los 40 golpes porque a la mezcla se le añade agua para llegar a los 10 golpes. Se sostiene la cuchara y usando la espátula se extiende el material, se forma una torta alisada de un centímetro de espesor en el punto de máxima profundidad. Es de considerar que el enrazado este nivelado.
- Se divide con un firme trazo del acanalador a lo largo del diámetro que arranca del centro del asa, formando un surco claro y bien definido.
- A razón de dos golpes por segundo, se cuenta el número de golpes necesarios para cerrar la abertura a una distancia de 12 mm. Si no se cierra la acanaladura a los 35 a 40 golpes se añade agua y se vuelve a mezclar, o se seca la muestra hasta que alcance una consistencia dentro de este intervalo.
- Se retira el material de la copa de casa grande y colocarla en un tarro previamente identificado y conocido su peso.
- Remover los restos de suelo de la cuchara, y volverlos al recipiente donde se había preparado la muestra. Luego limpiar perfectamente la copa con ayuda de una franela húmeda.
- Añadir una pequeña cantidad de agua al recipiente de preparación de suelo y mezclar homogéneamente hasta obtener una coloración homogénea y consistencia para obtener un número de golpes entre 30 y 45 aproximadamente. Repetir los pasos 9 y 10.
- Repetir la secuencia tres ensayos adicionales el primero con un número de golpes entre 24 a 26 lo ideal es a los 25 golpes. El segundo ensayo entre 15 y 20 golpes y el



tercero con rango entre 10 y 15 golpes. Par un total de cinco determinaciones en el ensayo.

- Dibujar la gráfica de contenido de humedad contra número de golpes resultante resultantes del ensayo en un papel semi logarítmico. (Siavichay & Narvaes, 2010)

2.2.7.2.5. Limite plástico.

El límite plástico es el contenido de humedad por debajo del cual se puede considerar el suelo como material no plástico. Es decir es la frontera entre el estado plástico y el semisólido.

Se lo realiza de la muestra que se obtiene del ensayo del límite líquido a los 25 golpes. Se procede realizando unas pequeñas esferas con un diámetro de dos a tres centímetro que se enrollan en pequeños cilindros sobre una superficie de papel, hasta que alcance una consistencia tal que no se adhiera a las manos y los cilindros presenten fisuras sin que se desmenuce.

Equipo

- Espátula: Con una hoja flexible de aproximadamente 75 mm de largo y 20 mm de ancho.
- Tarros de bronce, horno, pipeta.
- Balanza; Con una precisión de 0.01 (g)

Procedimiento

- Dividir en 4 porciones pequeñas la muestra de suelo que se había separado, mezclando el material con una cantidad de agua adecuada, de manera que permitan elaborar esferas con un diámetro de tres centímetros. Hacer con cada esfera un rollito con la palma de la mano sobre una superficie lisa, preferiblemente sobre papel periódico. Durante este proceso se evapora el agua por la manipulación, motivando que los cilindros se vayan haciendo más rígidos.
- El rollito debe llegar a tener un espesor de 3 mm de espesor.
- El límite plástico se alcanza cuando se desmigaja en varias piezas al ser rodado. Generalmente se presentan también presenten pequeñas fisuras.
- A continuación, se toma la muestra y se pesa dentro de una tara, para luego llevar al horno por 24 horas, para que finalmente se pese la muestra seca para poder calcular los contenidos de humedad correspondientes. (Siavichay & Narvaes, 2010)



2.2.7.2.6. *Índice de plasticidad*

Es la propiedad de un material, por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin tener ningún rebote elástico, sin que sufra variaciones en su volumen.

Permite caracterizar el comportamiento de la tierra en presencia de agua, y se define como la diferencia de agua necesaria para que un suelo tenga consistencia plástica o líquida, es decir: es la diferencia entre el límite de liquidez y el de plasticidad.

Formula: $IP = LL - LP$

Donde:

IP = índice de plasticidad.

LL = límite líquido.

LP = límite plástico.

Cuanto más elevado es el IP del suelo, mayor será su variación volumétrica en presencia de agua. (Hinchamiento por humedecimiento).

Una vez obtenido los valores correspondientes al índice de plasticidad, límite líquido, límite plástico en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos expuesta por Atterberg en donde se muestran los tipos de suelos de una forma ordenada. (Siavichay & Narvaes, 2010)

2.2.7.2.7. *Grado de consistencia.*

Consistencia equivale a capacidad de mantener las partes del conjunto integradas, es decir, estabilidad y coherencia. En mecánica de suelos, sólo se utiliza para los suelos de naturaleza fina que, dependiendo del contenido de agua y su mineralogía, fluyen sin romperse.

El contenido de agua con que se produce el cambio entre estados varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse. Se trata de la propiedad que presentan los suelos hasta cierto límite.

Atterberg desarrolla un método que usa diferentes grados de contenido de humedad, él expresa que: Para muy bajo contenido de humedad, el suelo se comporta como un sólido; para altos contenidos el suelo y el agua pueden fluir como un líquido. (Jiménez Salas, 1975)



2.2.7.2.8. *Granulometría.*

El análisis granulométrico no es más que un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo dada.

Este análisis solamente agrupa los materiales por rangos de tamaño para poder identificar el material en suelos de grano grueso se realiza un proceso de tamizado (análisis de tamices), las mismas que definen el tamaño máximo y mínimo de las partículas y en suelos de grano fino por un proceso de sedimentación en agua llamado análisis granulométrico por vía húmeda.

Equipo

- Balanza digital.
- Juego de tamices
- Tapa del juego de tamices
- Fondo del juego de tamices
- Recipientes.
- Cepillo de acero y brocha. (Siavichay & Narvaes, 2010)

2.2.8. **Fabricación del adobe.**

2.2.8.1. **Dimensionamiento del adobe.**

Para este punto, debemos tener en cuenta los siguientes puntos:

- La longitud no debe ser mayor que el doble de su ancho más el espesor de una junta de pega, tanto la longitud con el ancho tendrán una dimensión máxima de 40 cm.
- La altura no debe ser menor a 8 cm en lo posible.
- La relación entre la longitud y la altura debe ser aproximadamente de 4 a 1 para permitir un traslape horizontal en proporción 2 a 1, lo cual brinda seguridad ante el efecto de corte producido por los sismos. (Norma Técnica Peruana E-080, Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, 2017)

Por facilidades constructivas y de comportamiento mecánico se recomienda la forma cuadrada del adobe y las dimensiones más adecuadas para su fabricación son:

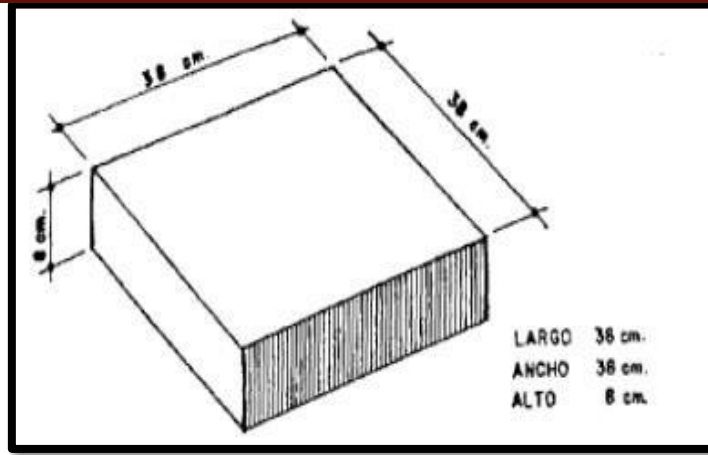


Figura 6: Dimensiones del adobe (Morales, 2000)

2.2.8.2. Preparación del barro.

Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm u otros elementos extraños, mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas, lo cual facilitará pisado de barro. (Morales, 2000)

2.2.8.3. Mezclado.

Agregar al barro la cantidad de agua necesaria y realizar el mezclado con lampas y rastrillos o con los pies, pisando y caminando energéticamente.

Agregar a la mezcla materias inertes compuestas de fibras de paja o pasto seco con una proporción del 20% del volumen. (Morales, 2000)

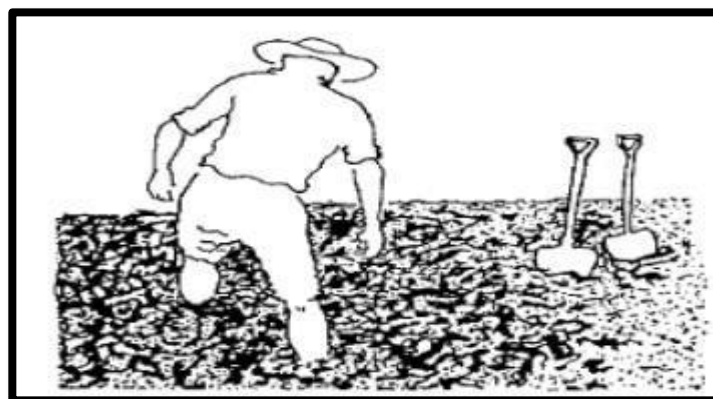


Figura 7: Mezclado (Morales, 2000)

2.2.8.4. Moldeo.

El moldeo puede ser tradicional, utilizando moldes sin fondo y vaciando la mezcla en el molde directamente sobre el tendal, o también utilizando moldes con fondo, que permite producir adobes más uniformes, más resistentes y de mejor presentación.

Los moldes deben ser de madera cepillada de buena calidad, puede prolongarse su vida útil protegiendo los bordes con zuncho metálico.

Para la fabricación de los moldes debe considerarse el encogimiento de los moldes debe considerarse el encogimiento del adobe durante el secado, el cual puede determinarse con adobes de prueba, de tal manera que el adobe seco corresponda a las dimensiones previstas en el diseño. (Morales, 2000).

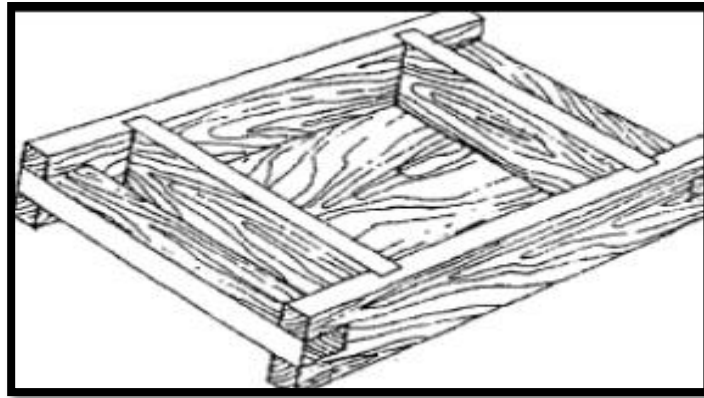


Figura 8: Moldeo (Morales, 2000)

2.2.8.5. Secado y almacenamiento.

Para el secado de los adobes, se debe utilizar una superficie horizontal, limpia y libre de impurezas orgánicas o sales. Este espacio deberá poder albergar la producción de una semana, tendrá que ser techado en épocas muy lluviosas.

Espolvorear arena fina sobre toda la superficie del tendal para evitar que se peguen los adobes.

Luego de tres días los adobes se podrán poner de canto y al cabo de una semana se deberán apilar. (Morales, 2000)

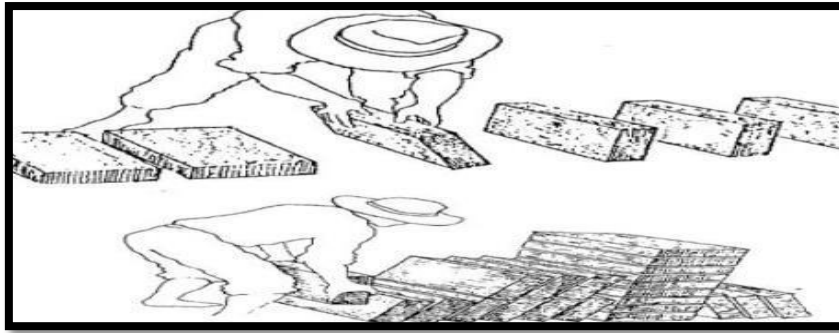


Figura 9: Secado y Almacenamiento (Morales, 2000)

2.2.8.6. Control de calidad.

Si a las cuatro semanas el adobe de prueba presenta grietas o deformaciones, se debe agregar paja al barro. (Morales, 2000)

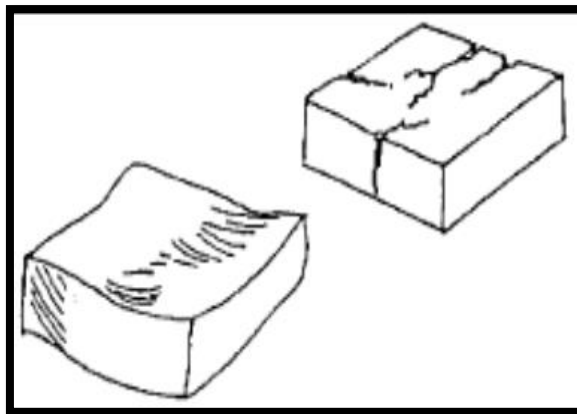


Figura 10: Control de calidad (Morales, 2000)

Si a las cuatro semanas el adobe de prueba no resiste el peso de un hombre se debe agregar arcilla al barro.

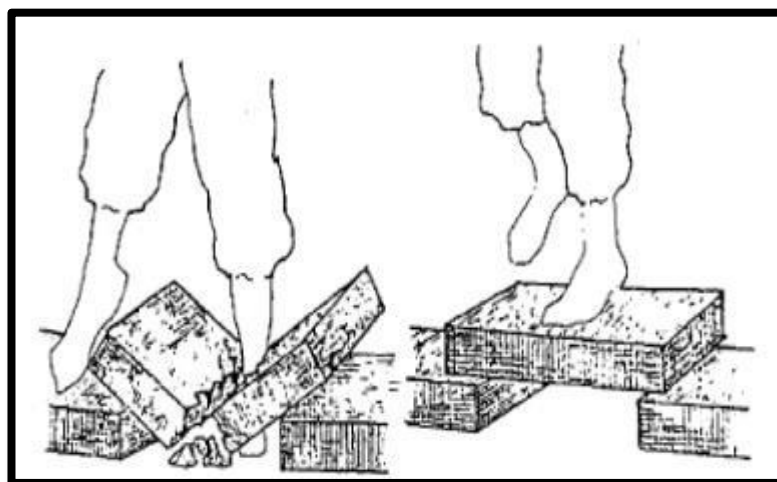


Figura 11: Control de calidad (Morales, 2000)

2.2.9. Propiedades físicas de la unidad de adobe.

2.2.9.1. Alabeo.

El alabeo es la deformación entre las caras opuestas de las unidades de adobe, representadas por espacios vacíos (cóncavo) o elevaciones sobresalientes (convexo) (Parró, 2015)

El efecto del alabeo es semejante al de la variación dimensional, es decir produce el aumento o disminución en el espesor de las juntas de mortero, que influye en la resistencia a compresión y a la fuerza cortante de la albañilería. El mayor alabeo (concavidad o convexidad) de las unidades de adobe conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (Saenz Lulichac, 2015)

2.2.10. Propiedades mecánicas de las unidades de adobe.

2.2.10.1. Resistencia a la compresión de la unidad.

Fuerza actúa sobre un cuerpo, se presentan fuerzas resistentes en las fibras del cuerpo que se denominan fuerzas internas. Fuerza interna es la resistencia interior de un cuerpo a una fuerza externa. Así que cuando se usa el término esfuerzo, se refiere a la magnitud de la fuerza por unidad de área. De tal forma, que la resistencia de un material es la propiedad que tiene para resistir la acción de las fuerzas.

El esfuerzo de compresión es una presión que tiende a causar una reducción de volumen.

Los materiales quebradizos, como el concreto suelen probarse por compresión ya que éste tipo de esfuerzo es al cual generalmente se encuentran sometidos. La fricción produce deformación no uniforme y la muestra suele adoptar forma de barril, especialmente cuando se someten a pruebas materiales dúctiles

En física y disciplinas afines, la presión también llamada presión absoluta se utiliza en aquellos casos que es necesario evitar interpretaciones ambiguas, se define como la fuerza por unidad de superficie.

La resistencia a la compresión de la unidad se determinará ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe. El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo



de 6 cubos, definiéndose la resistencia última (f'_{o}) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de f'_{o} mínimo aceptable de 10.2 kg/cm². (Universidad Nacional de Ingeniería, 2008)

2.2.10.2. Resistencia a la flexión de la unidad.

La resistencia a la flexión en los materiales está regida por una serie de comportamientos físicos y mecánicos de éstos, así como de su morfología, por lo que para comprender este fenómeno se describe a continuación su naturaleza. En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal.

El término “alargado” se aplica cuando una dimensión es preponderante frente a las otras. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión. Igualmente, el concepto de flexión se extiende a elementos estructurales superficiales como placas o láminas.

Se dice que una viga trabaja a flexión siempre y cuando en cualquier sección de esa viga existe un momento flector y un esfuerzo cortante; cuando en cualquier sección de esa viga solo existe momento flector se dice que la viga trabaja a flexión pura; y si en cualquier sección de la misma viga existe momento flector, esfuerzo cortante y esfuerzo normal, la viga trabaja a flexión compuesta.

En flexión simple, en una sección cualquiera existirá momento flector y esfuerzo cortante. El momento flector origina tensiones que se calculan, por la fórmula de Navier.

Como en sección simple el momento flector no permanece constante a lo largo de la viga, cada sección tendrá una curvatura diferente (Ríos, 2010).

2.2.10.3. Absorción.

La absorción es la medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería, frecuentemente se toma como medida de la porosidad, lo que a su vez se considera indicativa de:

- La posible filtración a través de la unidad de albañilería.
- La tendencia a la desintegración cuando las unidades húmedas son sometidas a congelación y descongelación alternas.



- De modo general, una unidad porosa no será tan resistente como una unidad más densa a la acción de las cargas, o tan tenaz a la acción del tiempo o a cualquier otro fenómeno de intemperismo.
- Las variaciones de absorción son causas por diferencias en el material utilizado, método del moldeo de la unidad. La medida de la absorción máxima es la cantidad de agua que puede contener una unidad saturada, es considerada como una medida de su impermeabilidad. (Saenz Lulichac, 2015)

2.2.10.4. Succión.

La succión es la medida de la velocidad de absorción de agua por la unidad de albañilería en un área determinada. La succión es una propiedad importante en las unidades de albañilería ya que cuando la succión es muy alta, producirá posibles fisuras en dichas unidades. (Saenz Lulichac, 2015).

2.2.10.5. Resistencia al desgaste causado por lluvias.

Es la capacidad que poseen las unidades de adobe de resistir al desgaste frente al efecto de las lluvias prolongadas sin alterar su funcionalidad. (Aenor, 2008)

2.2.11. Pruebas de laboratorio.

2.2.11.1. Ensayo de alabeo.

2.2.11.1.1. Superficies cóncavas.

En los casos en que la distorsión a ser medida corresponde a una superficie cóncava, se colocará la varilla de borde recto longitudinal o diagonalmente a lo largo de la superficie a ser medida, adoptándose la ubicación que da la mayor desviación de la línea recta. Escoger la distancia mayor de la superficie del espécimen a la varilla de borde recto. Usando la regla de acero o cuña medir esta distancia con una aproximación de 1 mm y registrarla como la distorsión cóncava de la superficie (Norma Técnica Peruana 399.613, 2005)

2.2.11.1.2. Superficies convexas

Cuando la distorsión a ser medida es la de una superficie convexa, Usando la regla de acero o cuña medir la distancia con una aproximación de 1 mm de cada una de las 4 esquinas

desde la superficie plana .registrar el promedio de las 4 medidas como la distorsión convexa del espécimen. (Norma Técnica Peruana 399.613, 2005)

2.2.11.2. Ensayo de resistencia a la compresión.

Este ensayo permite obtener la resistencia a compresión de las unidades de adobe, la cual deberá ser por lo menos igual a 10.2 kg/cm², según se especifica en la Norma E-080. Para este ensayo se utiliza una máquina de compresión axial.

La resistencia a la compresión (σ) de cada espécimen, se obtiene dividiendo la carga de rotura (P) entre el área bruta (A). Con los resultados de cada espécimen se obtiene el valor promedio y se le resta una desviación estándar para obtener la resistencia característica a compresión f'_{o} . (Ramírez Torres, 2012)

$$f'_{o}(\sigma) = \frac{P}{A}$$

Donde:

σ : Resistencia a la compresión (Kg/cm²).

P: Carga de rotura (Kg).

A: Área bruta. (cm²).



Figura 12: Ensayo de resistencia a la compresión (Ramírez Torres, 2012)

2.2.11.3. Ensayo de resistencia a la flexión.

La flexión de un material se analiza mediante el esfuerzo que experimenta el material en su cara longitudinal, ante una determinada carga, hasta el punto en el que la unidad ensayada falle, donde se toma el valor de la carga máxima soportada; este ensayo se realiza en la máquina de compresión axial. El módulo de rotura se calcula mediante la siguiente fórmula:

Donde:

S = Resistencia a flexión del espécimen (Kg/cm^2).

W = Carga máxima aplicada (Kg).

L = Distancia entre apoyos (cm)

b = Ancho promedio del espécimen en el plano de falla. (cm)

d = Espesor promedio del espécimen en el plano de falla, (cm)



Figura 13: Ensayo de resistencia a la flexión (Ramírez Torres, 2012)

El módulo de rotura del lote se determinará como el promedio de los módulos de rotura de los especímenes ensayados. (Norma Técnica Peruana. 399.613, 2003)

2.2.11.4. Ensayo de succión.

La prueba de succión, se adapta del acápite 11 de la Norma Técnica Peruana 399.613 para los especímenes de la presente investigación. La prueba de succión busca determinar el índice de absorción temprana del espécimen analizado, lo que viene a ser la cantidad de agua que 200 cm^2 de la unidad de adobe puede absorber en un periodo normado en $1 \text{ minuto} \pm 1 \text{ segundo}$.

Primeramente las unidades se secan en un horno a una temperatura ambiente por un plazo no menor a 4 semanas.

Luego, se toma las dimensiones de la cara del espécimen que estará en contacto con el agua para determinar el área de succión, para después obtener los pesos secos de cada muestra haciendo uso de una balanza electrónica con una precisión de 0.5 gr



Los aparatos utilizados para la prueba de succión y sus funciones son los siguientes:

Una bandeja para contener el agua. Se requiere de una bandeja completamente plana, con una profundidad no menor de 25 mm, y un área mayor que 2000 cm².

Esta bandeja debe contar con agujeros en los bordes para mantener el nivel de agua suministrada, en otras palabras por más agua que se vierta el nivel de agua no subirá.

El ensayo de succión se realiza de la siguiente manera:

- Se ubica la bandeja sobre una superficie limpia y nivelada
- Los soportes metálicos son colocados sobre la bandeja
- Se agrega agua continuamente para que el nivel de la bandeja sea siempre de 3 mm ± 0.25mm sobre los soportes.
- Se coloca el espécimen sobre los soportes, durante 1 min ± 1 s.
- Durante el período de contacto que son 60 seg. se mantiene el nivel de agua constante, gracias al dispositivo de rebalse de la bandeja.
- Luego se retira al espécimen y se seca el agua superficial con un paño húmedo para volver a pesar el espécimen, este peso incluye al agua succionada durante un minuto.
- El secado del agua superficial de los especímenes se hace dentro de los 10 segundos siguientes de retirado el espécimen y deberá pesarse dentro de los siguientes 2 minutos.
- Finalmente, la succión se calcula como la diferencia de pesos (W, en gramos) entre el estado inicial y el estado final del espécimen, es decir será el peso del agua absorbida por el espécimen durante el minuto de contacto con el agua. Si el área del espécimen (difiere en más de 2,5 % de 200cm² se corrige el peso mediante la ecuación que se indica a continuación.

$$S = \frac{200W}{LB}$$

Donde:

S = Succión normalizada a un área de 200 cm².

W = Diferencia de pesos del espécimen entre el estado húmedo y seco(gr).

L = Longitud del espécimen (cm).

B = Ancho del espécimen (cm).

Por último, se calcula y reporta el promedio de succión de toda la muestra ensayada, con aproximación a 0,1 gr/min/200 cm². (Universidad Nacional de Ingeniería, 2008)



Figura 14: Ensayo de succión (Cabrera Arias & Huaynate Granados, 2010)

2.2.11.5. Ensayo de absorción

Tal como se explicó para la prueba de succión, no existe un método establecido por la Norma Técnica Peruana E-080 para el ensayo de unidades de adobe; por lo tanto, se adoptó la prueba de absorción de los ladrillos enunciada en la NTP 399.613.

El objetivo del ensayo, es conocer la capacidad de absorción del adobe durante 24 horas de inmersión en agua a una temperatura de $24^{\circ}\text{C} \pm 8^{\circ}\text{C}$.

Los instrumentos utilizados fueron:

- Una balanza con capacidad no menor que 2000 g y una aproximación de 0.5 gr.
- Bateas de saturación.
- Se emplean 3 especímenes como señala la Norma Técnica Peruana. 399.613, los pasos a seguir en el ensayo de absorción fueron los siguientes:
- Primero, se elimina la humedad natural contenida en los especímenes para obtener solo la cantidad de agua absorbida producto de la inmersión de las muestras. Para ello las muestras deben ser secadas a la intemperie por lo menos 4 semanas.
- Se ubican, en sectores protegidos de la intemperie, los recipientes (bateas) que mantendrán sumergidos individualmente cada espécimen.

- Transcurrido el tiempo de secado, se pesan las muestras secas con una aproximación de 0.5 gr y proceder a colocar a cada espécimen su respectiva batea.
- Posteriormente, transcurridas 24 horas de inmersión, se extrajo el espécimen secando ligeramente con un paño húmedo su superficie, para enseguida volverlos a pesar.

El agua que se utiliza para sumergir las muestras puede ser agua potable, destilada o incluso agua de lluvia, debiendo ser esencialmente agua limpia y a temperatura entre 15.5 °C a 30 °C.

Con los datos de los pesos a determinados tiempos de inmersión, se procede a

Calcular la absorción de cada espécimen con la siguiente expresión:

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

Donde:

- W_d = Peso seco del espécimen.(gr.)
- W_s = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua fría durante 24 horas según sea el caso.(gr.)

La absorción porcentual de la muestra es el promedio de la absorción de todos los especímenes, con aproximación a 0,1 %. (Universidad Nacional de Ingeniería, 2008)



Figura 15: Ensayo de absorción (Cabrera Arias & Huaynate Granados , 2010)

2.2.11.6. Ensayo de erosión acelerada SAET

La característica del método SAET es dejar caer agua por escorrentía. Se deja caer una corriente de agua a través de un tubo de 5 mm de diámetro, por un período de 10 minutos, desde un depósito cuyo nivel se mantiene constante a 150 cm (1500 mm) de altura respecto a la muestra, que se encuentra inclinado 27° . Se mide la profundidad de erosión del hoyo formado con una varilla de 3mm de diámetro y se calcula la pérdida de peso por escorrentía.

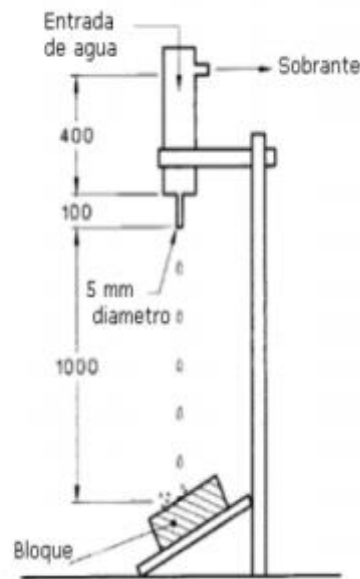


Figura 16: Ensayo de erosión acelerada SAET (Cid Falceto , 2012)

2.3. Hipótesis.

2.3.1. Hipótesis general

Las propiedades físicas y mecánicas de un adobe reforzado con tiras de caucho son mejores que las de un adobe tradicional.

2.3.2. Sub hipótesis.

1. El alabeo en la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho es menor que el de un adobe tradicional
2. La absorción en la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho es en menor porcentaje que el de un adobe tradicional



3. La succión en la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho es menor que el de un adobe tradicional.
4. Las unidades de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho presentan mejor nivel de resistencia frente al ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET) que la unidad de adobe tradicional.
5. La resistencia a la compresión de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho es mayor que el de un adobe tradicional.
6. La resistencia a la tracción de la unidad de albañilería de adobe reforzado con tiras de caucho es mayor que el de un adobe tradicional.

2.4. Definición de variables

2.4.1. Variables independientes.

- **Adobe:**

Bloque macizo de tierra y paja elaborado de forma artesanal, generalmente sin el debido control de calidad en cuanto a sus materiales, dimensiones y propiedades resistentes, elaborado y comercializado principalmente en los distritos de San Jerónimo y San Sebastián de la ciudad del Cusco.

- **Caucho:**

El caucho es un material, el cual es obtenido a partir de las secreciones de tipo lechosa, que son producidas por el árbol de caucho. La resina que se obtiene de forma natural del árbol se conoce como nombre de látex, luego de eso, este producto es tratado con diversos químicos, los que luego van a dar paso a la fabricación de látex, los usos de este material pueden ser muy variados, sin embargo la aplicación que mayor relevancia tiene es en la fabricación de neumáticos y ciertos compendios hechos a partir de hidrocarburos, en la actualidad este material puede llegar a producirse de forma artificial para lo cual se requiere que se repliquen las técnicas de producción.

2.4.1.1. Indicadores de variables independientes

Cantidad de tiras de caucho (unid.).

- **Medidas de la unidad de albañilería adobe (cm.).**

2.4.2. Variables.

Dependientes.

Alabeo:

El alabeo es la deformación entre las caras opuestas de las unidades de adobe, representadas por espacios vacíos (cóncavo) o elevaciones sobresalientes (convexo) (Parro, 2015)

El efecto del alabeo es semejante al de la variación dimensional, es decir produce el aumento o disminución en el espesor de las juntas de mortero, que influye en la resistencia a compresión y a la fuerza cortante de la albañilería. El mayor alabeo (concavidad o convexidad) de las unidades de adobe conduce a un mayor espesor de la junta; asimismo, puede disminuir la adherencia con el mortero al formarse vacíos en las zonas más alabeadas; o incluso, puede producir fallas de tracción por flexión en la unidad (Saenz Lulichac, 2015)

- **Porcentaje de absorción:**

La absorción es la medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería, frecuentemente se toma como medida de la porosidad, lo que a su vez se considera indicativa de:

- ✓ La posible filtración a través de la unidad de albañilería.
- ✓ La tendencia a la desintegración cuando las unidades húmedas son sometidas a congelación y descongelación alternas.
- ✓ De modo general, una unidad porosa no será tan resistente como una unidad más densa a la acción de las cargas, o tan tenaz a la acción del tiempo o a cualquier otro fenómeno de intemperismo.
- ✓ El porcentaje de absorción es la cantidad de agua que puede contener una unidad saturada, es considerada como una medida de su impermeabilidad. (Saenz Lulichac, 2015)

- **Porcentaje de succión:**

La succión es la medida de la velocidad de absorción de agua por la unidad de albañilería en un área determinada. La succión es una propiedad importante en las unidades de albañilería ya que cuando la succión es muy alta, producirá posibles fisuras en dichas unidades. (Saenz Lulichac, 2015)



- **Erosión acelerada:**

Propiedad que presentan las unidades de adobe estabilizado y tradicional para absorber un porcentaje de agua.

- **Resistencia a la compresión de la unidad de adobe:**

La resistencia a la compresión de la unidad se determinara ensayando cubos labrados cuya arista será igual a la menor dimensión de la unidad de adobe. El valor del esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, debiéndose ensayar un mínimo de 6 cubos, definiéndose la resistencia última ($f'c$) como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas.

Los ensayos se harán utilizando piezas completamente secas, siendo el valor de $f'c$ mínimo aceptable de 12 kg/cm². (UNI, 2008)

- **Resistencia a la flexión de la unidad de adobe:**

La flexión de un material se analiza mediante el esfuerzo que experimenta el material en su cara longitudinal, ante una determinada carga, hasta el punto en el que la unidad ensayada falle, donde se toma el valor de la carga máxima soportada.

2.4.2.1. Indicadores de variables dependientes

- Fichas de observación y laboratorio.
- Instrumentos
- Concavidad, convexidad. (mm)
- Porcentaje de agua.
- Profundidad de la oquedad (mm)
- Fuerza (kn)
- Área. (cm)



2.4.3. Operacionalización de variables.

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	NIVEL	INDICADOR	INSTRUMENTOS
VARIABLES INDEPENDIENTES				
1.- TIRAS DE CAUCHO	Refuerzo de origen sintético , producto reciclable de llantas en desuso con 0.6 cm de espesor , ancho de 2.0 cm y una longitud de 30 cm. Cuyas características serán evaluadas	Cantidad de tiras	Unidad	Fichas de observación de laboratorio, formatos de evaluación de las propiedades de las tiras de caucho.
2.- ADOBE	Unidad que se fabrica de tierra en forma rectangular agregado en ciertos porcentajes de arena arcilla, agua y paja.	Variabilidad dimensional	Centímetro	Molde de madera
VARIABLES DEPENDIENTES				
3.ALABEO	Es la deformación en las caras opuestas de las unidades de adobe, representadas por espacios vacíos (cóncavo) o elevaciones sobresalientes (convexo).	Variabilidad dimensional	Superficies cóncavas y convexas	Fichas de observación y/o laboratorio
4.-PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	El porcentaje de absorción es la medida de la permeabilidad de la unidad de albañilería de adobe, frecuentemente se toma como medida la porosidad.	Absorción	Porcentaje de absorción	Fichas de observación y/o laboratorio
5.- PORCENTAJE DE SUCCIÓN	El porcentaje de succión viene a ser la medida de la velocidad de absorción del agua por la unidad de albañilería de adobe en un área determinada.	Succión	Índice de succión	Fichas de observación y/o laboratorio
6.- EROSIÓN ACELERADA	Propiedad que presentan las unidades de adobe estabilizado y tradicional para absorber un porcentaje de agua.	Oquedad	Profundidad de la oquedad	Fichas de observación y/o laboratorio
7.- RESISTENCIA A LA COMPRESION	Esfuerzo máximo que puede soportar una unidad de adobe bajo una carga de aplastamiento	Resistencia a la compresión	Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado	Fichas de observación y/o laboratorio
8.- RESISTENCIA A LA FLEXION	En ingeniería se denomina flexión al tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal	Resistencia a la flexión	kilogramo fuerza por centímetro cuadrado	Fichas de observación y/o laboratorio



Capítulo III

Metodología

3.1. Metodología de la investigación.

3.1.1. Tipo de investigación.

El presente estudio reúne las condiciones metodológicas para un tipo de investigación cuantitativa, ya que en base a cantidades y estadísticas probaremos las diferentes hipótesis propuestas para la investigación, así como también deduciremos los posibles resultados de nuestra investigación. (Sampieri, 2010)

3.1.2. Nivel de la investigación

Este tipo de investigación reúne las condiciones para ser una investigación de nivel descriptivo, ya que se estima parámetros para el estudio, así como también describiremos parámetros y los comparamos con nuestros resultados. (Sampieri, 2010)

3.1.3. Método de la investigación.

Método Hipotético Deductivo

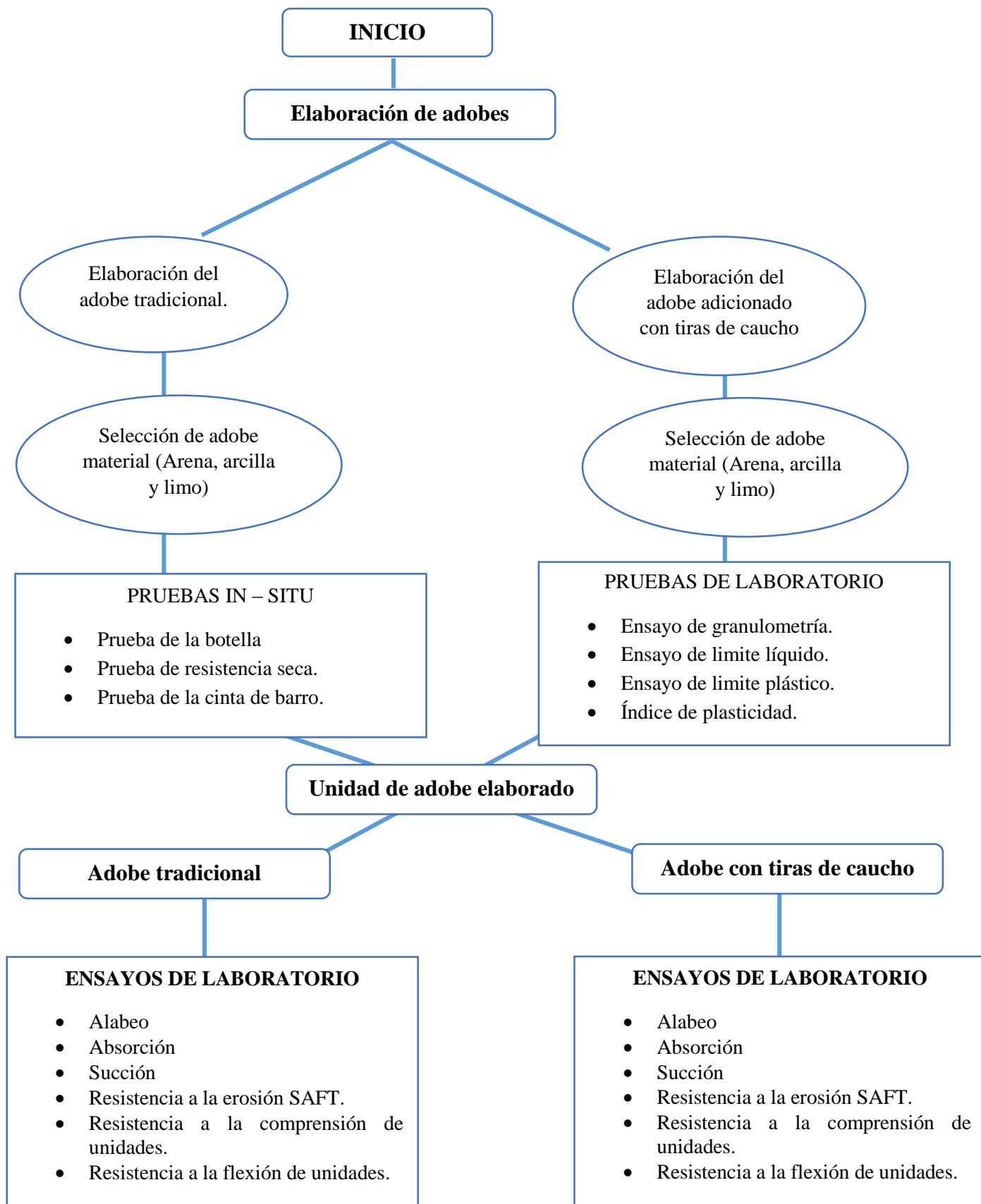
El método usado es hipotético deductivo porque se planteó varias hipótesis las cuales se demuestran en base a procesos deductivos, que establecen relaciones con nuestras variables y los indicadores de nuestra investigación. (Sampieri, 2010)

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Diseño metodológico.

De acuerdo a (Hernández Sampieri, 2010) se considera el diseño Cuasi Experimental, porque al momento de realizar ensayos a los materiales y unidades de adobe, se presentan agentes externos no cuantificables, tales como la temperatura del ambiente, humedad, presión atmosférica, calibración de equipos utilizados para los ensayos, entre otros.

3.2.2. Diseño de Ingeniería.



3.3. Población y muestra.

3.3.1. Población.

3.3.1.1. Descripción de la población

La población está compuesta por las unidades de adobe adicionadas con las tiras de caucho y con las unidades de adobe tradicionales.

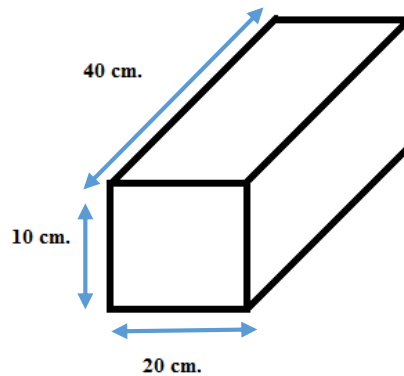


Figura 17: Adobe tradicional (Elaboración propia, 2019)

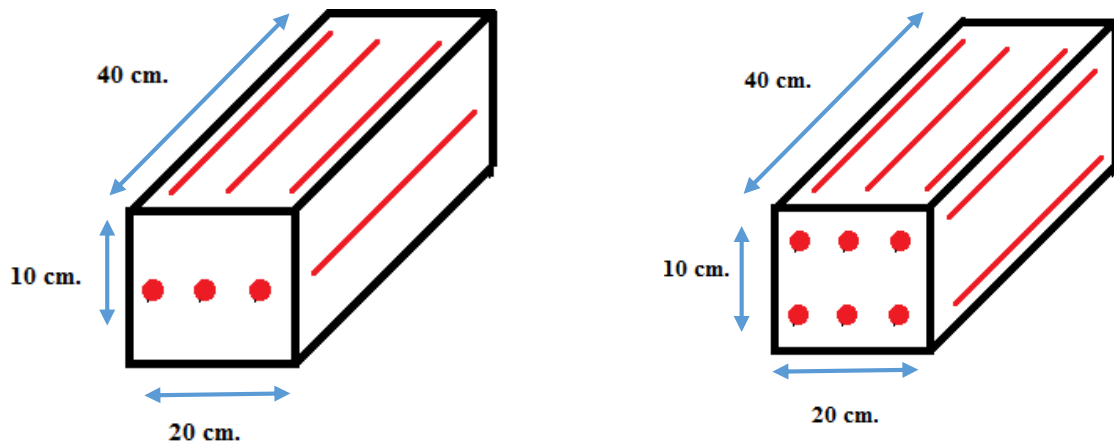


Figura 18: Adobe tipo I y tipo II (Elaboración propia, 2019)

3.3.1.2. Cuantificación de la población.

La Norma Técnica Peruana E-080 recomienda un mínimo de 6 especímenes por ensayo, para los ensayos de: alabeo, succión, absorción, compresión y flexión de unidades. La Norma Española UNE 41410 recomienda 2 especímenes como mínimo para el ensayo de erosión acelerada SAET, en esta investigación fueron ensayados 8 especímenes para el ensayo de erosión acelerada SAET.



Tomando como base y referencia las recomendaciones de la Norma Técnica Peruana E-080 y Norma Española UNE 41410 y teniendo en cuenta que se elaboraron 3 tipos de adobe, tenemos como resultado una población total de 144 especímenes.

3.3.2. Muestra

3.3.2.1. Descripción de la muestra

La muestra serán las unidades de adobe tradicional y las unidades de adobe adicionado con tiras de caucho (tipo I con 3 tiras y tipo II con 6 tiras) elaborados por el tesista, que serán estudiados mediante ensayos de laboratorio, para determinar sus propiedades físicas y mecánicas.

3.3.2.2. Cuantificación de la muestra

La muestra se limita al tamaño total de la población con 144 especímenes comprendidos por las unidades de adobe tradicional y las unidades de adobe adicionado con tiras de caucho (tipo I y tipo II).

3.3.2.3. Método de muestreo

De acuerdo con Hernández Sampieri, (2010) el método a seguir es NO PROBABILÍSTICO ya que la muestra y la población coinciden en valor numérico es decir los especímenes no serán seleccionados al azar de un grupo, sino que deben cumplir con criterios como la adición de tiras de caucho como son el tipo I con 3 tiras y tipo II con 6 tiras.

3.3.2.4. Criterios de evaluación de la muestra.

La Norma Técnica Peruana E.080, (2017) recomienda ensayar 6 especímenes como mínimo para el ensayo de resistencia a la compresión, tomando en cuenta esta recomendación se tomará la cantidad de 8 especímenes para cada uno de los ensayos que se realizarán como son alabeo, absorción, succión, erosión, compresión y flexión en unidades de adobe tradicional y unidades de adobe adicionadas con tiras de caucho.




Tabla 1: Cantidad de especímenes a ensayar.

Adobe tradicional	
Ensayos de laboratorio	N° de especímenes
Alabeo	8
Absorción	8
Succión	8
Erosión acelerada (saet)	8
Resistencia a la compresión	8
Resistencia a la flexión	8
Total de especímenes a ensayar	48
Adobe tipo i	
Ensayos de laboratorio	N° de especímenes
Alabeo	8
Absorción	8
Succión	8
Erosión acelerada (saet)	8
Resistencia a la compresión	8
Resistencia a la flexión	8
Total de especímenes a ensayar	48
Adobe tipo ii	
Ensayos de laboratorio	N° de especímenes
Alabeo	8
Absorción	8
Succión	8
Erosión acelerada (saet)	8
Resistencia a la compresión	8
Resistencia a la flexión	8
Total de especímenes a ensayar	48
Total de especímenes a ensayar	144

3.4. Instrumentos.


3.4.1. Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos.

Tabla 2: Tabla de recolección de datos de límite líquido.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR			
FECHA:				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS			
ENSAYO:	LIMITE LIQUIDO			
LIMITE LIQUIDO				
MUESTRA	1	2	3	
NUMERO DE GOLPES				
RECIPIENTE (Gr.)				
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (Gr.)				
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO (Gr.)				
PESO DEL AGUA (Gr.)				
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)				
PESO DEL SUELO SECO (Gr.)				
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)				

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 3: Tabla de recolección de datos de límite plástico

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR	
FECHA:		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS	
ENSAYO:	LIMITE PLASTICO	
LIMITE PLASTICO		
MUESTRA	1	2
RECIPIENTE (Gr.)		
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (Gr.)		
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (Gr.)		
PESO DEL AGUA (Gr.)		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)		
PESO DEL SUELO SECO (Gr.)		
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)		


Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 4: Tabla de recolección de datos de límite plástico.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR				
FECHA:					
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS				
ENSAYO:	GRANULOMETRIA				
GRANULOMETRIA					
P1			P2		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	PORCENTAJE DE PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
(PULG.)	(MM.)	(GR.)	(%)	(%)	(%)
3/4"	19.05				
3/8"	9.5				
#4	4.76				
#8	2.38				
16	1.19				
30	0.59				
50	0.297				
100	0.149				
200	0.074				
FONDO					


Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 5: Tabla de recolección de datos del ensayo de alabeo.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR			
FECHA:				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS			
ENSAYO:	ALABEO			
ALABEO				
ESPECIMEN	CARA A		CARA B	
	CÓNCAVO	CONVEXO	CÓNCAVO	CONVEXO
Nº				
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
PROMEDIO				
CONCAVIDAD PROMEDIO				
CONVEXIDAD PROMEDIO				
ALABEO PROMEDIO				


Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 6: Tabla de recolección de datos del ensayo de absorción.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO									
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL									
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR								
FECHA:									
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS								
ENSAYO:	ABSORCIÓN								
ABSORCIÓN									
ESPECIMEN	PESO SECO	PESO SATURADO 1 HR.	ABSORCIÓN	PESO SATURADO 6 HR.	ABSORCIÓN	PESO SATURADO 12 HR.	ABSORCIÓN	PESO SATURADO 24 HR.	ABSORCIÓN
Nº	(GR.)	(GR.)	(%)	(GR.)	(%)	(GR.)	(%)	(GR.)	(%)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
PROMEDIO									


Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 7: Tabla de recolección de datos del ensayo de succión.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL							
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR						
FECHA:							
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS						
ENSAYO:	SUCCIÓN						
SUCCIÓN							
ESPECIMEN N°	PESO SECO (GR.)	LARGO (CM.)	ANCHO (CM.)	AREA (CM2.)	TIEMPO DE SUCCION (MIN.)	PESO CON AGUA SUCCIONADA (GR.)	SUCCION (gr./min./200cm2)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
PROMEDIO							


Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 8: Tabla de recolección de datos del ensayo de erosión acelerada saet.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO				
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR			
FECHA:				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS			
ENSAYO:	EROSION ACELERADA (SAET)			
EROSION ACELERADA (SAET) - ADOBE TRADICIONAL				
ESPECIMEN	CAUDAL (ML/MIN.)	TIEMPO (MIN.)	OQUEDAD (MM.)	RESISTENCIA
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
PROMEDIO				


Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 9: Tabla de recolección de datos del ensayo de resistencia a la compresión.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR		
FECHA:			
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS		
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN		
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN			
ESPECIMEN	CARGA MAXIMA (KGF.)	AREA (CM2.)	Fo (KG/CM2)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
PROMEDIO			

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

Tabla 10: Tabla de recolección de datos del ensayo de resistencia a la flexión.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR				
FECHA:					
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS				
ENSAYO:	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN				
RESISTENCIA A LA FLEXIÓN					
ESPECIMEN	ANCHO (CM.)	ALTURA (CM.)	LARGO (CM.)	CARGA (KGF.)	ESFUERZO DE FLEXION (KGF/CM2)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
PROMEDIO					

Fuente: (Elaboración propia, 2019)



3.4.2. Instrumentos y equipos de laboratorio.

- Balanza electrónica. (gr)
- Cuchara de Casa Grande.
- Varilla de 3mm. de diámetro.
- Serie de tamices.
- Vidrio templado.
- Regla metálica. (cm)
- Bandejas.
- Tinajas.
- Cuña para alabeo.
- Espátula.
- Carretilla.
- Cronometro. (seg)
- Horno eléctrico (+-0.5°)
- Lentes de seguridad.
- Guantes de seguridad.
- Máquina de compresión axial.
- Recipiente de vidrio de 1.5 lts.
- Equipo de erosión acelerada (SAET).
- Molde de madera para adobe de 40 cm x 20 cm x 10 cm .
- Tiras de caucho.

3.5. Procedimiento de recolección de datos.

3.5.1. Elaboración de las tiras de caucho.

3.5.1.1. Materiales.

- Llantas de caucho en desuso.
- Cuchillo o navaja.
- Regla.
- Lapicero.

3.5.1.2. Procedimiento.

- a. Se procedió a la búsqueda de las llantas en desuso a lo largo de todo el distrito de San Sebastián.
- b. Una vez recolectadas todas las llantas se procedió al marcado de las llantas con las dimensiones de las tiras en este caso de 30 cm. x 2 cm. x 0.6 cm.
- c. Al tener las llantas marcadas se procedió a cortar las mismas para poder obtener las tiras de caucho.
- d. Finalmente se rasgó las tiras de caucho para que puedan tener una mejor adherencia con el barro y así obtener mejores resultados.



Figura 19: búsqueda y recolección de llantas en desuso.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 20: Marcado y corte de las llantas para la obtención de las tiras de caucho.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 21: Marcado y corte de las llantas para la obtención de las tiras de caucho.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 22: Tiras de caucho listas para su utilización.

(Elaboración propia, 2019)

3.5.2. Fabricación de las unidades de adobe.

3.5.2.1. Adobe tradicional.

3.5.2.1.1. Equipos y materiales.

- Tierra (0.008 m³ por adobe).
- Agua. (3.5 lts. por adobe).
- Paja. (30 gr. por adobe).
- Molde de madera (40 cm. x 20 cm. x 10 cm.).

3.5.2.1.2. *Procedimiento*

- a. Se procedió a mezclar agua con la materia prima en este caso tierra para que se forme la masa de barro.
- b. Luego procedimos al pisado de la masa de barro para que la mezcla se realice de manera uniforme.
- c. Después del paso (b.) se realizó el dormido de la masa de barro, este procedimiento consta en dejar la masa de barro a la intemperie por 24 horas.
- d. Posteriormente del dormido de barro se procede a moldear los adobes de abajo hacia arriba con la adobera de dimensiones 40 cm. x 20 cm. x 10 cm.
- e. Finalmente se realiza el desmoldeo y se deja secar las unidades de adobes moldeados a la intemperie acomodando las 4 caras para su secado por lo menos una semana.



Figura 23: Mezclado de la materia prima con el agua para formar la pasta.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 24: Pisado de barro para uniformizar la mezcla

(Elaboración propia, 2019)



*Figura 25: Dormido de la pasta de barro.
(Elaboración propia, 2019)*



*Figura 26: Pasta de barro lista para el moldeo de adobe.
(Elaboración propia, 2019)*



*Figura 27: Elaboración de las unidades de adobe añadidas con paja.
(Elaboración propia, 2019)*



Figura 28: Unidades de adobe tradicional listas para su secado.

(Elaboración propia, 2019)

3.5.2.2. Adobe adicionado con tiras de caucho tipo I.

3.5.2.2.1. Equipos y materiales.

- Tierra (0.008 m³ por adobe).
- Agua. (3.5 lts. por adobe).
- Paja. (30 gr. por adobe).
- 03 Tiras de caucho.
- Molde de madera (40 cm. x 20 cm. x 10 cm.).

3.5.2.2.2. Procedimiento

- a. Se realiza el mismo procedimiento de la elaboración del adobe tradicional ítem 3.5.2.1.2 hasta el paso (c.).
- b. Luego se colocó la pasta de barro hasta la mitad del molde (adobera) que son 5 cm.
- c. Después se colocaron 03 (tres) tiras de caucho en sentido horizontal centrados y la separación entre tiras a 2.5 cm. Y a una altura de 5 cm.
- d. Se colocó la pasta de barro faltante en el molde para poder completar la unidad de adobe.
- e. Finalmente se sacó el molde de adobe de abajo hacia arriba para su secado a la intemperie acomodando las 4 caras para su secado por lo menos una semana.



Figura 29: Pasta de barro y tiras de caucho listas para la elaboración de las unidades de adobe tipo I (Elaboración propia, 2019)



Figura 30: Colocación de la pasta de barro y las 03 (tres) tiras de caucho. (Elaboración propia, 2019)



Figura 31: Verificación de las 03 tiras de caucho a la unidad de adobe a una altura de 5 cm. (Elaboración propia, 2019)



Figura 32: Colocación de la pasta de barro faltante para terminar la elaboración de la unidad de adobe tipo I
(Elaboración propia, 2019)



Figura 33: Verificación de la elaboración de las unidades de adobe tipo I.
(Elaboración propia, 2019)



Figura 29: Unidades de adobe tipo I listas para el secado.
(Elaboración propia, 2019)



Figura 34: Se elaboró 60 unidades de adobe tipo I.

(Elaboración propia, 2019)

3.5.2.3. Adobe adicionado con tiras de caucho tipo II.

3.5.2.3.1. Equipos y materiales.

- Tierra (0.008 m³ por adobe).
- Agua. (3.5 lts. por adobe).
- Paja. (30 gr. por adobe).
- 06 Tiras de caucho.
- Molde de madera (40 cm. x 20 cm. x 10 cm.).

3.5.2.3.2. Procedimiento.

- a. Se realiza el mismo procedimiento de la elaboración del adobe tradicional hasta el ítem C.
- b. Posteriormente se colocó la pasta de barro hasta una altura del molde (adobera) de 3 cm.
- c. Después se colocaron 03 (tres) tiras de caucho en sentido horizontal y centradas, la separación entre tiras es de 2.5 cm. Y a una altura de 3cm. Empezando de la base.
- d. Posteriormente se colocó la pasta de barro hasta una altura del molde (adobera) de 7 cm. Cubriendo las primeras 03 tiras de caucho; para poder colocar las siguiente 03 tiras de caucho a una altura de 3 cm. Midiendo de la parte superior de la adobera.
- e. Inmediatamente del paso d. se colocó la pasta de barro faltante en el molde para poder completar la unidad de adobe tipo II.

- f. Finalmente se sacó el molde de adobe de abajo hacia arriba para su secado a la intemperie acomodando las 4 caras para su secado por lo menos una semana.



Figura 35: Colocación de la primera capa de pasta de barro para la elaboración de la unidad de adobe tipo II

(Elaboración propia, 2019)



Figura 36: Colocación de las primeras 03 tiras de caucho.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 37: Verificación de la altura de las primera 03 tiras de caucho.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 38: Colocación de la segunda capa de pasta de barro hasta una altura de 7cm.
(Elaboración propia, 2019)



Figura 39: Colocación de las 03 tiras de caucho superiores a una altura de 7cm.
(Elaboración propia, 2019)



Figura 40: Verificación de la altura de las tiras de caucho a una altura de 7cm.
(Elaboración propia, 2019)



Figura 41: Colocación de la última capa de pasta de barro para la elaboración de la unidad de adobe tipo II.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 42: Unidades de adobe tipo II listas para su secado.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 43: Se elaboró 60 unidades de adobe tipo II.

(Elaboración propia, 2019)

3.5.3. Ensayos de conformidad.

3.5.3.1. Granulometría (prueba de la botella).

3.5.3.1.1. Equipos y materiales.

- Botella boca ancha (1.5 lts.).
- Tierra (1 kg.).
- Agua. (1 lt.)
- Wincha de mano.

3.5.3.1.2. Procedimiento:

- a. Llenamos con tierra tamizada (tamiz n°4) una botella de boca ancha de 1.5 litros de capacidad hasta la mitad de su altura.
- b. La parte restante de la botella la llenamos con agua limpia.
- c. Posteriormente agitamos vigorosamente la botella hasta que todas las partículas de tierra estén en suspensión.
- d. Luego ponemos la botella sobre una mesa, y esperamos que todas las partículas reposen al fondo. Las partículas de arena reposaron inmediatamente; las partículas de limos y arcillas durante 24 horas.
- e. Finalmente se midió las capas para determinar la proporción de arenas y limos con arcilla. Se recomienda que la cantidad de arena fluctué entre 1.5 a 3 veces la cantidad de limos y arcilla.



Figura 37: Llenar la botella de 1.5 lts. con materia prima hasta la mitad.

(Elaboración propia, 2019)



*Figura 44: Llenar la otra mitad con agua.
(Elaboración propia, 2019)*



*Figura 45: Agitar vigorosamente.
(Elaboración propia, 2019)*



*Figura 46: Dejamos reposar.
(Elaboración propia, 2019)*



Figura 47: Medir los estratos.

(Elaboración propia, 2019)

3.5.3.2. Cinta de barro.

3.5.3.2.1. Equipos y materiales.

- Tierra (1 kg.)
- Wincha de mano (cm.)
- Lamina de vidrio

3.5.3.2.2. Procedimiento:

- a. Consiste en formar con tierra humedecida un rollo de 1.5 cm. de diámetro
- b. Aplastar con los dedos hasta formar una cinta de 4 mm.
- c. Suspender la cinta en el aire y medir la longitud del extremo que se rompe.
- d. Medir el extremo roto y comprobar los siguientes casos:
 - Arenosa (inadecuada): 0-5 cm
 - Arcillo-arenosa (adecuada): 5-15 cm.
 - Arcillosa (inadecuada): 15 cm.



*Figura 48: Cinta de barro suspendida de 4mm. de espesor.
(Elaboración propia, 2019)*



*Figura 43: Cinta de barro rota en un extremo.
(Elaboración propia, 2019)*

3.5.3.3. Presencia de arcilla o resistencia seca.

3.5.3.3.1. Equipos y materiales.

- Tierra (1 kg.)
- Wincha de mano

3.5.3.3.2. Procedimiento:

- a. Amasar tierra húmeda y elaborar 4 bolitas de 3 cm. de diámetro.
- b. Dejar secar por 48 horas.
- c. Tratar de romperlas, para luego comprobar los siguientes casos:
 - Baja resistencia (inadecuada): cuando el disco se aplasta fácilmente.
 - Media o alta resistencia (adecuada): Cuando la bolita se aplasta con dificultad, o se rompe con un sonido seco.



Figura 49: Amasar.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 50: Formamos 04 bolitas.
(Elaboración propia, 2019)



Figura 51: Dejamos secar por 48 horas y rompemos.
(Elaboración propia, 2019)

3.5.4. Ensayos de laboratorio.

3.5.4.1. Muestreo de suelo.

3.5.4.1.1. Equipos y materiales.

- Tierra (20 kg.)
- Bandeja.
- Recipiente.
- Espátula.
- Cucharon.

- Pala.

3.5.4.1.2. Procedimiento.

- Se acumula la muestra en un solo lugar haciendo un montón para seguidamente expandirla con la espátula en forma circular.
- Seguidamente se divide el material diametralmente en cuatro partes aproximadamente iguales.
- Se consideraron la muestra representativa las dos partes opuestas que presenten características semejantes, eliminando las otras dos restantes.
- Se juntarán las partes elegidas, realizando el mismo procedimiento, hasta conseguir la cantidad de suelo necesario para poder realizar el ensayo.



*Figura 52: Cuarteo de la muestra de suelo.
(Elaboración propia, 2019)*



*Figura 53: Seleccionamos la muestra representativa de suelo.
(Elaboración propia, 2019)*



Figura 54: Pesamos la muestra representativa.
(Elaboración propia, 2019)

3.5.4.1.3. Toma de datos.

Tabla 11: Toma de datos del ensayo de muestreo de suelos.

Datos De La Muestra	
Muestra Representativa (kg.)	5.006

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

3.5.4.2. Límites de Atterberg.

3.5.4.2.1. Ensayo de límite líquido.

A. Equipos y materiales:

- Muestra representativa (200 gr.)
- Taras
- Espátula
- Cuchara de Casagrande
- Acanalador
- Mortero
- Balanza electrónica de sensibilidad de 0.1 gr.
- Tamiz #40
- Horno regulable a 110°C

B. Procedimiento.

- a. Iniciar el ensayo preparando una pasta de suelo en el mortero de porcelana una humedad ligeramente superior al límite líquido.
- b. Colocar entre 50 y 70 gr. de suelo húmedo en la capsula de la cuchara de Casa Grande, alisando la superficie a una altura de 1 cm. con la espátula
- c. Usando el acanalador, separar el suelo en dos mitades según el eje de simetría de la capsula.
- d. Girar la manivela de manera uniforme a una velocidad de 2 revoluciones por segundo: continuar hasta que el surco se cierre en media pulgada de longitud.
- e. Tomar una muestra de aproximadamente 5 gr. de suelo en la zona donde se cerró el surco y pesar inmediato para obtener su contenido de humedad.
- f. Finalmente ingresamos las taras al horno regulable de 110 °C.



Figura 55: Pasamos la muestra por el tamiz #40.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 56: Humedecemos la muestra representativa.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 57: Colocamos la muestra húmeda en la cuchara de casa grande.
(Elaboración propia, 2019)



Figura 58: Procedemos a realizar la división con el acanalador.
(Elaboración propia, 2019)

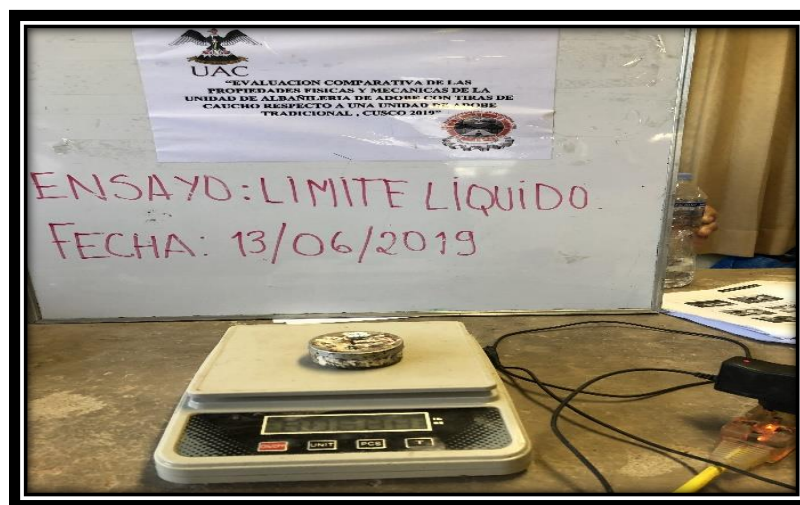


Figura 55: Pesamos la muestra en la tara.
(Elaboración propia, 2019)

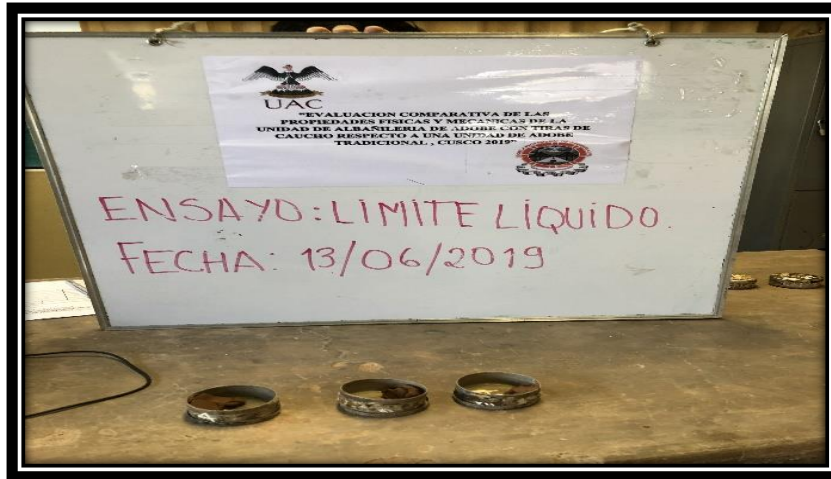


Figura 59: Tomamos más muestras y las dejamos secar en el horno.
(Elaboración propia, 2019)

C. Toma de datos.

Tabla 12: Toma de datos del ensayo límite líquido.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO			
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR		
FECHA:	13/06/2019		
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS		
ENSAYO:	LIMITE LIQUIDO		
LIMITE LIQUIDO			
MUESTRA	1	2	3
NUMERO DE GOLPES	22	32	27
RECIPIENTE (Gr.)	11.4	11.6	11.5
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	21.9	21.4	19.4
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO (Gr.)	19.6	19.3	17.5
PESO DEL AGUA (Gr.)	2.3	2.1	1.9
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	11.4	11.6	11.5
PESO DEL SUELO SECO (Gr.)	8.2	7.7	6
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)			

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

3.5.4.2.2. Ensayo de límite plástico.

A. Equipos y materiales:

- Muestra representativa (200 gr.)
- Taras
- Placa de vidrio

- Balanza electrónica de sensibilidad 0.1 gr.
- Tamiz #40
- Horno regulable a 110° C

B. Procedimiento:

- a. Se utilizó una porción de muestra representativa, la pasamos por el tamiz #40 y la humedecemos.
- b. Tomamos una bolita de suelo de 1 cm³ y amasarla sobre el vidrio con la palma de la mano hasta formar bastoncitos de 3 mm. de diámetro.
- c. El limite plástico, corresponde al contenido de humedad para lo cual se elabora un bastoncito de 3 mm, así formado, se rompe en trozos de 0.5 a 1 cm. de largo.
- d. El bastoncito que se rompió lo colocamos en las taras.
- e. Se pesó inmediatamente el bastoncito así formado para determinar su contenido de humedad.
- f. Finalmente se lleva las muestras al horno regulable a 110°C.



Figura 60: Formación de rollitos hasta su ruptura.

(Elaboración propia, 2019)

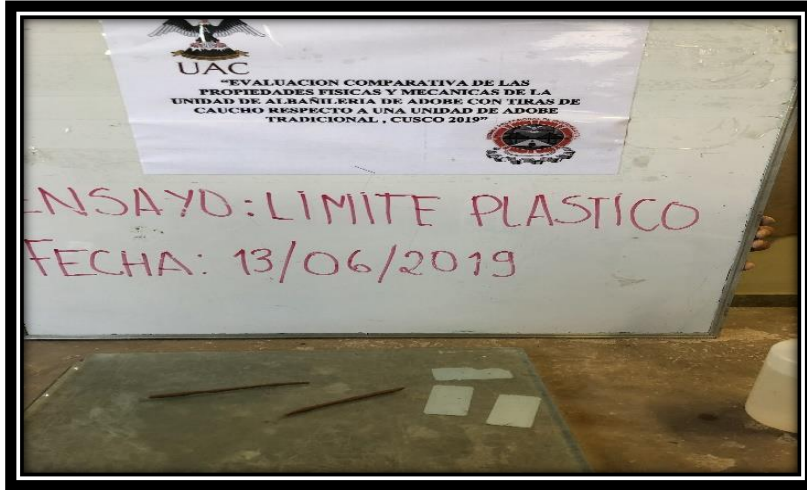


Figura 61: Ruptura de los rollitos.
(Elaboración propia, 2019)

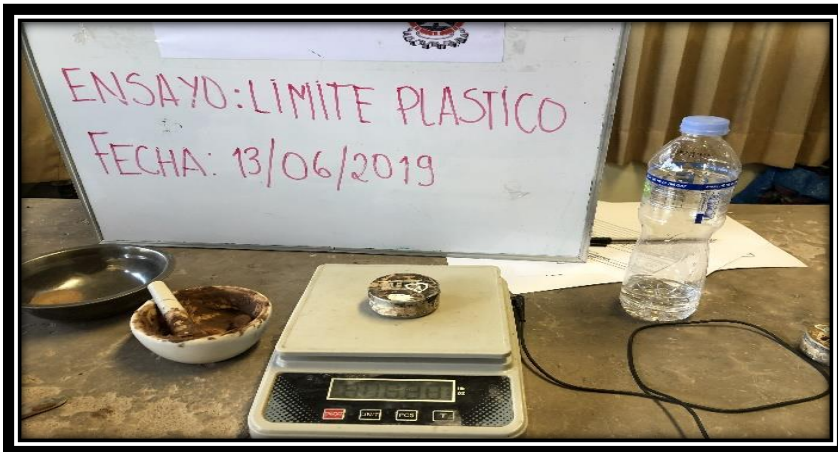


Figura 62: Pesamos la muestra en la tara.
(Elaboración propia, 2019)

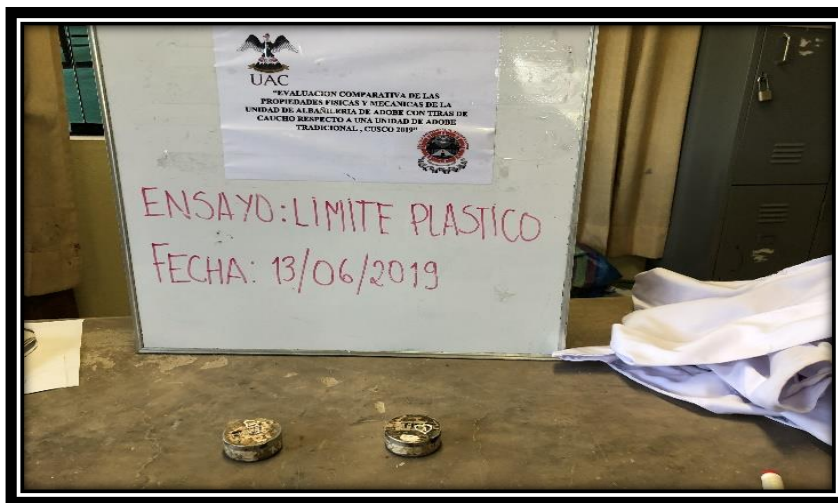


Figura 63: Muestras pesadas y listas para llevarlas al horno.
(Elaboración propia, 2019)

C. Toma de datos.*Tabla 13: Toma de datos del ensayo limite plástico.*

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR	
FECHA:	13/06/2019	
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS	
ENSAYO:	LIMITE PLASTICO	
LIMITE PLASTICO		
MUESTRA	1	2
RECIPIENTE (Gr.)	15.80	15.90
PESO RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (Gr.)	19.40	19.90
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO (Gr.)	18.50	18.90
PESO DEL AGUA (Gr.)	0.90	1.00
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	11.60	11.50
PESO DEL SUELO SECO (Gr.)	2.70	3.00
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)		

Fuente: (Elaboración propia, 2019)

3.5.4.3. Ensayo de granulometría.**3.5.4.3.1. Equipos y materiales.**

- Muestra representativa (500 gr.)
- Balanza de precisión (+- 0.1gr.)
- Brocha
- Recipientes
- Tamices (3/4 ,3/8,#4, #8, #16, #30,#50, #100, #200)

3.5.4.3.2. Procedimiento:

- Pesamos la cantidad necesaria de muestra representativa para el ensayo.
- Seleccionamos los tamices de acuerdo al suelo que tenemos, se coloca los tamices en orden decreciente, por tamaño de abertura. Se procede con la operación de tamizado durante un periodo adecuado.

- Se procede a colocar la serie de tamices en la maquina tamizadora a una razón de 150 veces por minuto.
- Para finalizar se pesa la cantidad de retenido en cada uno de los tamices; limpiando con la brocha cada tamiz.

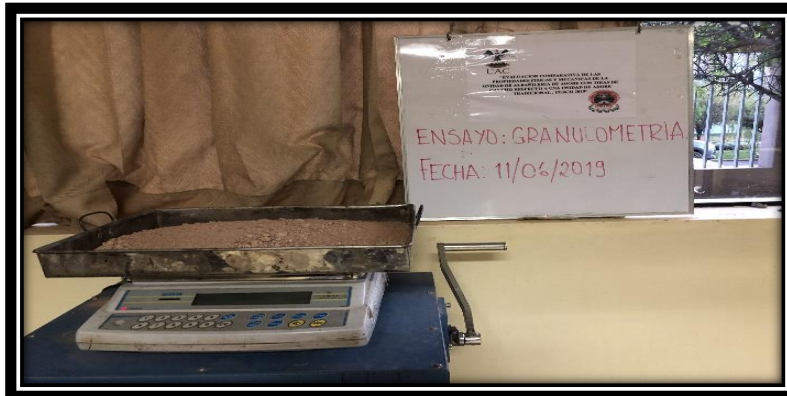


Figura 64: Pesamos la muestra previamente secada en el horno.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 65: Zarandeo del material.

(Elaboración propia, 2019)



Figura 66: Registramos el peso del material retenido de cada malla

(Elaboración propia, 2019)




Figura 67: Material retenido en cada malla.

(Elaboración propia, 2019)

3.5.4.3.3. Toma de datos.

Tabla 14: Toma de datos del ensayo de granulometría.

UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO					
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL					
RESPONSABLE:	MOREANO HUACAC PEDRO EDGAR				
FECHA:	11/06/2019				
LUGAR:	LABORATORIO DE SUELOS				
ENSAYO:	GRANULOMETRIA				
GRANULOMETRIA					
P1			P2		
TAMIZ	ABERTURA	PESO RETENIDO	PORCENTAJE DE PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
(PULG.)	(MM.)	(GR.)	(%)	(%)	(%)
3/4"	19.05	0.00	0.00		
3/8"	9.5	40.90	8.18		
#4	4.76	71.40	14.28		
#8	2.38	87.10	17.42		
16	1.19	88.70	17.74		
30	0.59	69.30	13.86		
50	0.297	57.50	11.50		
100	0.149	39.10	7.82		
200	0.074	37.20	7.44		
FONDO					

Fuente: (Elaboración propia, 2019)