



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, EN EL SECTOR DE QUISPIQUILLA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO 2022"

Presentado por:

Bach. Oscar Alfredo Arotaipe Gutierrez

Bach. Juan André Lecaros Manotupa

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Civil

Asesor:

Ing. Edson Julio Salas Forton

CUSCO – PERÚ

2022



Agradecimientos

Primeramente, agradecer a nuestro asesor Ing. Julio Edson Salas Forton por guiarnos y apoyarnos durante la elaboración de nuestro trabajo de investigación.

A nuestros docentes de la universidad por habernos dado esa sabiduría, enseñanza y formarnos profesionalmente.

Finalmente, a los pobladores del sector de Quispiquilla por apoyarnos en la elaboración de nuestras muestras para hacer posible nuestro proyecto de investigación.



Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a Dios por acompañarme en cada paso que doy cada día y ayudarme a cumplir con éxito mis metas.

A mis padres Oscar Arotaipe Terán y Olga Gutierrez Tunquipa por su amor infinito, sus enseñanzas, sus exigencias y su apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo

A mis hermanas Shirley Arotaipe Gutierrez y Fernanda Arotaipe Gutierrez por haberme dado esa motivación para superarme.

Finalmente, quiero agradecer a toda mi familia, en especial a mis abuelos: Francisco Arotaipe, Faustina Terán y Teodoro Gutierrez, quienes desde el cielo siempre me cuidan y guían.

Oscar Alfredo Arotaipe Gutierrez

A Dios, a la virgen del Carmen de Pisac y al señor de Qoyllority, quienes me dieron muchas fuerzas y sabiduría para poder lograr mis objetivos, hasta poder lograr todas mis metas.

A mis padres Andrés Lecaros y Juana Manotupa y mi hermana Helen, quienes formaron parte de este gran logro, por todo su apoyo incondicional y toda su confianza en el desarrollo de mi vida profesional.

A mi tío el ingeniero Alfredo Rivera, quien me enseñó, formó profesionalmente y me impulsó a ser una gran persona y un gran profesional.

Juan André Lecaros Manotupa



Jurados

Dictaminantes:

Mag. Ing. José Alberto Montesinos Cervantes

Mag. Ing. Walter Roberto Álvarez Monterola

Replicantes:

Mba. Ing. José Humberto Cabezas Mancilla

Mag. Ing. Goyo Álvarez Álvarez

Asesor:

Ing. Edson Julio Salas Forton



Índice general

| | |
|--|----------|
| Portada | i |
| Agradecimientos | ii |
| Dedicatoria | iii |
| Jurados | iv |
| Dictaminantes: | iv |
| Replicantes: | iv |
| Asesor: | iv |
| Índice general..... | v |
| Índice de tablas | xii |
| Índice de figuras | xiii |
| Resumen | xviii |
| Abstract | xix |
| 1. Capítulo I: Introducción | 1 |
| 1.1. Planteamiento del Problema | 2 |
| 1.2. Formulación de Problema | 4 |
| 1.2.1. Problema General | 4 |
| 1.2.2. Problemas Específicos | 4 |
| 1.3. Justificación | 4 |
| 1.3.1. Conveniencia | 4 |
| 1.3.2. Relevancia social | 4 |
| 1.3.3. Implicancias prácticas | 5 |
| 1.3.4. Valor teórico | 5 |
| 1.3.5. Utilidad metodológica | 6 |
| 1.4. Objetivos de investigación | 6 |
| 1.4.1. Objetivo General | 6 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 6 |
| 1.5. Delimitación del estudio | 7 |
| 1.5.1. Delimitación espacial | 7 |
| 1.5.2. Delimitación temporal | 7 |
| 2. Capítulo II: Marco Teórico | 8 |



| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 2.1. | Antecedentes de la investigación..... | 8 |
| 2.1.1. | Antecedentes internacionales | 8 |
| 2.1.2. | Antecedentes Nacionales | 9 |
| 2.1.3. | Antecedentes Locales | 11 |
| 2.2. | Bases Teóricas | 12 |
| 2.2.1. | Adobe tradicional..... | 12 |
| 2.2.1.1. | Características de la tierra como material | 15 |
| 2.2.1.2. | Ensayos in-situ para la selección del material | 18 |
| 2.2.1.2.1. | Ensayo de Cinta de barro..... | 18 |
| 2.2.1.2.2. | Ensayo de resistencia seca | 20 |
| 2.2.1.3. | Ensayos de laboratorio | 21 |
| 2.2.1.3.1. | Ensayo de Granulometría | 21 |
| 2.2.1.3.2. | Ensayo de Límites de Atterberg | 23 |
| 2.2.1.3.3. | Contenido de humedad..... | 26 |
| 2.2.1.4. | Clasificación del suelo..... | 27 |
| 2.2.1.5. | Propiedades físicas del adobe..... | 28 |
| 2.2.1.5.1. | Peso unitario húmedo | 28 |
| 2.2.1.5.2. | Absorción | 29 |
| 2.2.1.5.3. | Succión | 30 |
| 2.2.1.5.4. | Desgaste por Erosión Acelerada Swinburne (SAET) | 31 |
| 2.2.1.6. | Propiedades mecánicas del adobe..... | 32 |
| 2.2.1.6.1. | Resistencia a la compresión..... | 32 |
| 2.2.1.6.2. | Resistencia a la tracción | 33 |
| 2.2.2. | Fibra de Cabuya..... | 34 |
| 2.2.2.1. | Obtención de la fibra de cabuya | 36 |
| 2.2.2.1.1. | Corte de las hojas de cabuya..... | 36 |
| 2.2.2.1.2. | Traslado de hojas cortadas | 36 |
| 2.2.2.1.3. | Obtención de la fibra de cabuya | 36 |
| 2.2.2.1.4. | Lavado de la fibra de cabuya | 37 |
| 2.2.2.1.5. | Secado de la fibra de cabuya..... | 37 |
| 2.2.2.2. | Tamaño de la fibra de cabuya..... | 38 |



| | | |
|----------|---|----|
| 2.2.2.3. | Dosificación del ichu y fibra de cabuya..... | 38 |
| 2.2.2.4. | Distribución de la fibra de cabuya | 38 |
| 2.2.3. | Norma E.080 – Diseño y Construcción con Tierra Reforzada..... | 39 |
| 2.2.3.1. | Generalidades y Objetivos | 39 |
| 2.2.3.2. | Consideraciones Generales para la Construcción de Adobe | 39 |
| 2.2.3.3. | Propiedades de los materiales | 40 |
| 2.3. | Marco conceptual..... | 40 |
| 2.4. | Hipótesis..... | 41 |
| 2.4.1. | Hipótesis General | 41 |
| 2.4.2. | Hipótesis Específicas | 41 |
| 2.5. | Variables | 42 |
| 2.5.1. | Identificación de variables | 42 |
| 2.5.1.1. | Variable Independiente | 42 |
| 2.5.1.2. | Variable Dependiente | 42 |
| 2.5.2. | Operacionalización de variables..... | 43 |
| 3. | Capítulo III: Método | 44 |
| 3.1. | Alcance del Estudio..... | 44 |
| 3.1.1. | Enfoque de la investigación..... | 44 |
| 3.1.2. | Nivel de la investigación | 44 |
| 3.2. | Diseño de investigación..... | 44 |
| 3.2.1. | Diseño metodológico | 44 |
| 3.2.2. | Diseño de ingeniería..... | 46 |
| 3.3. | Población..... | 47 |
| 3.3.1. | Descripción de la población..... | 47 |
| 3.3.2. | Cuantificación de la población..... | 47 |
| 3.4. | Muestra | 47 |
| 3.4.1. | Descripción de la muestra | 47 |
| 3.4.2. | Cuantificación de la muestra | 47 |
| 3.4.3. | Criterio de evaluación de la muestra | 49 |
| 3.4.4. | Criterio de inclusión técnica..... | 50 |
| 3.4.5. | Preparación de muestras..... | 50 |



| | | |
|------------|---|----|
| 3.4.5.1. | Fabricación de adobe tradicional | 50 |
| 3.4.5.1.1. | Materiales | 50 |
| 3.4.5.1.2. | Procedimiento..... | 51 |
| 3.4.5.2. | Fabricación de adobe con fibra de cabuya | 52 |
| 3.4.5.2.1. | Recolección y preparación de fibra de cabuya..... | 52 |
| 3.4.5.3. | Proceso de fabricación de adobe estabilizado con fibra de cabuya..... | 54 |
| 3.4.5.3.1. | Materiales | 54 |
| 3.4.5.3.2. | Procedimiento..... | 54 |
| 3.5. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 56 |
| 3.5.1. | Técnicas o métodos | 56 |
| 3.5.2. | Instrumentos de recolección de datos | 56 |
| 3.6. | Validez y confiabilidad de instrumentos..... | 57 |
| 3.6.1. | Ensayo de cinta de barro..... | 58 |
| 3.6.1.1. | Materiales | 58 |
| 3.6.1.2. | Procedimiento..... | 58 |
| 3.6.2. | Formación de bola de barro (resistencia seca) | 59 |
| 3.6.2.1. | Materiales | 59 |
| 3.6.2.2. | Procedimiento..... | 59 |
| 3.7. | Plan de Análisis de datos | 59 |
| 3.7.1. | Ensayos de laboratorio | 59 |
| 3.7.1.1. | Muestras de suelo:..... | 59 |
| 3.7.1.1.1. | Materiales | 59 |
| 3.7.1.1.2. | Procedimiento..... | 60 |
| 3.7.1.1.3. | Datos recopilados | 61 |
| 3.7.1.2. | Ensayo de límites de Atterberg..... | 61 |
| 3.7.1.3. | Prueba de laboratorio limite plástico | 61 |
| 3.7.1.3.1. | Materiales | 61 |
| 3.7.1.3.2. | Procedimiento..... | 62 |
| 3.7.1.4. | Ensayo de laboratorio limite liquido | 63 |
| 3.7.1.4.1. | Materiales | 63 |
| 3.7.1.4.2. | Procedimiento..... | 64 |



| | |
|--|-----|
| 3.7.1.4.3. Datos procesados | 67 |
| 3.7.1.5. Análisis granulométrico..... | 68 |
| 3.7.1.5.1. Materiales | 68 |
| 3.7.1.5.2. Procedimiento..... | 68 |
| 3.7.1.5.3. Datos recopilados | 70 |
| 3.7.1.6. Ensayo de peso específico | 71 |
| 3.7.1.6.1. Materiales | 71 |
| 3.7.1.6.2. Procedimiento..... | 72 |
| 3.7.1.6.3. Datos recopilados | 74 |
| 3.7.1.7. Ensayo de Absorción..... | 83 |
| 3.7.1.7.1. Materiales | 83 |
| 3.7.1.7.2. Procedimiento..... | 83 |
| 3.7.1.7.3. Datos recopilados | 84 |
| 3.7.1.8. Ensayo de succión: | 86 |
| 3.7.1.8.1. Materiales | 86 |
| 3.7.1.8.2. Procedimiento..... | 87 |
| 3.7.1.8.3. Datos recopilados | 88 |
| 3.7.1.9. Ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET)..... | 90 |
| 3.7.1.9.1. Materiales | 90 |
| 3.7.1.9.2. Procedimiento..... | 91 |
| 3.7.1.9.3. Procesamiento de datos | 93 |
| 3.7.1.10. Ensayo en resistencia a la compresión | 93 |
| 3.7.1.10.1. Materiales | 94 |
| 3.7.1.10.2. Procedimiento | 94 |
| 3.7.1.10.3. Procesamiento de datos:..... | 97 |
| 3.7.1.11. Ensayo de resistencia a la tracción | 99 |
| 3.7.1.11.1. Materiales | 99 |
| 3.7.1.11.2. Procedimiento | 100 |
| 3.7.1.11.3. Procesamiento de datos:..... | 102 |
| 4. Capítulo IV: Resultados de la Investigación | 105 |
| 4.1. Resultados respecto al objetivo específico | 105 |



| | | |
|--------|---|-----|
| 4.1.1. | Resultados del ensayo de peso específico | 105 |
| 4.1.2. | Resultados respecto al ensayo de absorción | 106 |
| 4.1.3. | Resultados respecto al ensayo de succión | 108 |
| 4.1.4. | Resultados del ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)..... | 110 |
| 4.1.5. | Resultados del ensayo de resistencia a la compresión | 112 |
| 4.1.6. | Resultados del ensayo de resistencia a la tracción | 114 |
| 4.2. | Resultados respecto al objetivo general | 116 |
| 4.2.1. | Resultados de peso específico | 117 |
| 4.2.2. | Resultados del ensayo de absorción..... | 117 |
| 4.2.3. | Resultados del ensayo de succión..... | 118 |
| 4.2.4. | Resultados de desgaste por erosión acelerada Swinburne (SAET) | 119 |
| 4.2.5. | Resultados de resistencia a la compresión:..... | 120 |
| 4.2.6. | Resultados de resistencia a la tracción..... | 121 |
| 5. | Capítulo V: Discusión..... | 123 |
| 5.1. | Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos..... | 123 |
| 5.2. | Limitaciones del estudio | 123 |
| 5.3. | Comparación crítica con la literatura existente | 124 |
| 5.3.1. | Discusión 01 | 124 |
| 5.4. | Implicancias del estudio | 126 |
| | Conclusiones | 128 |
| | De la hipótesis general..... | 128 |
| | De la subhipótesis 01 | 128 |
| | De la sub hipótesis 02 | 128 |
| | De la sub hipótesis 03 | 128 |
| | De la sub hipótesis 04 | 129 |
| | De la sub hipótesis 05 | 129 |
| | De la sub hipótesis 06 | 129 |
| | Recomendaciones | 130 |
| | Bibliografía | 131 |
| | Anexos | 136 |
| | Anexo 01: Instrumentos de recolección de datos..... | 136 |



| | |
|---|------------|
| Anexo 02: Plan de actividades | 142 |
| Anexo 03: Recursos y Presupuesto..... | 143 |
| Anexo 04: Manual del proceso de elaboración de adobes con fibras de cabuya | 144 |
| Anexo 05: Evidencia de trabajo en laboratorio | 145 |



Índice de tablas

| | |
|---|------------|
| Tabla 1: Características de las partículas en función del diámetro | 17 |
| Tabla 2: Diámetro de tamices estándar..... | 22 |
| Tabla 3: Determinación del factor k..... | 24 |
| Tabla 4: Cantidad mínima por tamiz..... | 27 |
| Tabla 5: Matriz de operacionalización de variables | 43 |
| Tabla 6: Cuantificación de la muestra | 49 |
| Tabla 7: Normativa de ensayos | 49 |
| Tabla 8: Recopilación de muestras | 61 |
| Tabla 9: Resultados de los ensayos en general | 116 |
| Tabla 10: Cuadro de resultados del ensayo de resistencia a la compresión, con adición de fibras de cabuya al 0%, 1.50%, 1.75%, 2.00%, 2.50%..... | 125 |
| Tabla 11: Cuadro de resultados del ensayo de resistencia a la compresión con reemplazo de fibras de cabuya al 0%, 25%, 50%, 75%, 100%..... | 126 |



Índice de figuras

| | |
|---|-----------|
| Figura 1: Adobe de base cuadrada y base rectangular..... | 13 |
| Figura 2: Adobera cuadrada..... | 13 |
| Figura 3: Preparación del barro..... | 14 |
| Figura 4: Adobe desmenuzado..... | 15 |
| Figura 5: Adobe agrietado..... | 16 |
| Figura 6: Expansión y contracción del barro..... | 16 |
| Figura 7: Clasificación de las partículas según el diámetro..... | 17 |
| Figura 8: Cilindro de 12mm de diámetro..... | 19 |
| Figura 9: Ensayo de cinta de barro..... | 19 |
| Figura 10: Formación de bolitas de barro..... | 20 |
| Figura 11: Rotura de la bolita seca..... | 21 |
| Figura 12: Bolita seca resistente a roturas..... | 21 |
| Figura 13: Juego de tamices..... | 23 |
| Figura 14: Límites de Atterberg..... | 23 |
| Figura 15: Cuchara de Casagrande..... | 25 |
| Figura 16: Ensayo de Límite Plástico..... | 26 |
| Figura 17: Carta de Plasticidad..... | 28 |
| Figura 18: Secado de adobe al horno..... | 29 |
| Figura 19: Adobe sumergido en agua..... | 30 |
| Figura 20: Ensayo de succión..... | 31 |
| Figura 21: Ensayo SAET..... | 32 |
| Figura 22: Ensayo de resistencia a la compresión..... | 33 |
| Figura 23: Ensayo de resistencia a la tracción por flexión..... | 34 |



| | |
|--|-----------|
| Figura 24: Planta de cabuya..... | 35 |
| Figura 25: Fibra de cabuya | 35 |
| Figura 26: Extracción de hojas de cabuya | 36 |
| Figura 27: Secado de la fibra de cabuya | 37 |
| Figura 28: Fibra de cabuya de 10 cm | 38 |
| Figura 29: Distribución de fibras..... | 39 |
| Figura 30: Esquema de diseño de ingeniería | 46 |
| Figura 31: Materiales para elaboración del adobe | 50 |
| Figura 32: Proceso de elaboración de adobe tradicional..... | 51 |
| Figura 33: Proceso de recolección y elaboración de fibra de cabuya..... | 53 |
| Figura 34: Elaboración de adobe con fibra de cabuya | 55 |
| Figura 35: Procedimiento cinta de barro | 58 |
| Figura 36: Procedimiento formación de bola de barro | 59 |
| Figura 37: Materiales de laboratorio | 60 |
| Figura 38: Cuarteo muestras de suelo..... | 61 |
| Figura 39: Equipos de Límite líquido..... | 62 |
| Figura 40: Procedimiento límite plástico | 63 |
| Figura 41: Equipos de límite plástico | 64 |
| Figura 42: Procedimiento límite líquido | 65 |
| Figura 43: Data procesada de límites de consistencia..... | 67 |
| Figura 44: Equipos granulometría | 68 |
| Figura 45:Procedimiento de análisis granulométrico | 69 |
| Figura 46: Data procesada de análisis granulométrico | 70 |
| Figura 47:Equipos de peso específico | 71 |



| | |
|--|-----------|
| Figura 48: Procedimiento de ensayo de peso específico..... | 72 |
| Figura 49: Data procesada del ensayo de peso específico al 0%..... | 74 |
| Figura 50: Data procesada del ensayo de peso específico al 25%..... | 75 |
| Figura 51: Data procesada del ensayo de peso específico al 50%..... | 77 |
| Figura 52: Data procesada del ensayo de peso específico al 75%..... | 80 |
| Figura 53: Data procesada del ensayo de peso específico al 100%..... | 82 |
| Figura 54: Equipos de absorción | 83 |
| Figura 55: Data procesada del ensayo de absorción al 0% | 84 |
| Figura 56: Data procesada del ensayo de absorción al 25% | 84 |
| Figura 57: Data procesada del ensayo de absorción al 50% | 85 |
| Figura 58: Data procesada del ensayo de absorción al 75% | 85 |
| Figura 59: Data procesada del ensayo de absorción al 100% | 86 |
| Figura 60: Equipos de absorción | 86 |
| Figura 61: Procedimiento de ensayo de succión..... | 87 |
| Figura 62: Data procesada del ensayo de succión al 0% | 88 |
| Figura 63: Data procesada del ensayo de succión al 25% | 88 |
| Figura 64: Data procesada del ensayo de succión al 50% | 89 |
| Figura 65: Data procesada del ensayo de succión al 75% | 89 |
| Figura 66: Data procesada del ensayo de succión al 100% | 90 |
| Figura 67:Equipo de SAET | 91 |
| Figura 68: Procedimiento de SAET..... | 91 |
| Figura 69: Data recopilada de SAET | 93 |
| Figura 70: Equipo de compresión..... | 94 |
| Figura 71: Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión..... | 95 |



| | |
|--|------------|
| Figura 72: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 25% | 97 |
| Figura 73: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 25% | 97 |
| Figura 74: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 50% | 98 |
| Figura 75: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 75% | 98 |
| Figura 76: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 100% | 99 |
| Figura 77: Equipos de tracción | 100 |
| Figura 78: Procedimiento del ensayo de resistencia a la tracción | 101 |
| Figura 79: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 0%..... | 102 |
| Figura 80: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 25%..... | 103 |
| Figura 81: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 50%..... | 103 |
| Figura 82: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 75%..... | 104 |
| Figura 83: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 100%..... | 104 |
| Figura 84: Resultados de todas las muestras del ensayo de peso específico | 105 |
| Figura 85: Resultados promedio del ensayo de peso específico | 106 |
| Figura 86: Resultados de todas las muestras del ensayo de absorción..... | 107 |
| Figura 87: Resultados promedio del ensayo de absorción..... | 108 |
| Figura 88: Resultados de todas las muestras del ensayo de succión..... | 109 |
| Figura 89: Resultado promedio del ensayo de succión | 110 |
| Figura 90: Resultados de todas las muestras del ensayo de desgaste por erosión acelerada de Swinburne | 111 |
| Figura 91: Resultados promedio de ensayo de desgaste por erosión acelerada de Swinburne | 112 |
| Figura 92: Resultados de todas las muestras del ensayo de resistencia a la compresión | 113 |
| Figura 93: Resultados promedio del ensayo de resistencia a la compresión | 114 |



| | |
|--|------------|
| Figura 94: Resultados de todas las muestras del ensayo de resistencia a la tracción | 115 |
| Figura 95: Resultados promedio del ensayo de resistencia a la tracción | 116 |
| Figura 96: Resultados de ensayo de peso específico al 0% y 100% de fibras de cabuya | 117 |
| Figura 97: Resultados de ensayo de absorción al 0% y 100% de fibra de cabuya | 118 |
| Figura 98: Resultados de ensayo de succión al 0% y al 100% de fibras cabuya..... | 119 |
| Figura 99: Resultados de ensayo de erosión acelerada al 0% y 100% de fibra de cabuya . | 120 |
| Figura 100: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión al 0% y 100% de cabuya | 121 |
| Figura 101: Resultados de ensayo de resistencia a la tracción al 0% y al 100% de fibra de cabuya..... | 122 |



Resumen

El siguiente trabajo de tesis de investigación que a continuación se expone tiene por título "EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, EN EL SECTOR DE QUISPIQUILLA DEL DISTRITO DE SAN SEBASTIÁN – CUSCO 2022", el objetivo de esta investigación fue determinar de forma cuantitativa como varían las propiedades físico mecánicas de un adobe tradicional con ichu a un adobe hecho de tierra y fibra de cabuya en diferentes proporciones los mismos que se hicieron en el sector de Quispiquilla, distrito de San Sebastián.

Para este propósito se prepararon en total 125 adobes; 95 unidades de adobe con dimensiones de 40cm x 20cm x 10cm para los ensayos de peso específico, absorción, succión, desgaste por erosión acelerada de Swinburne y resistencia a la tracción, y 30 unidades de adobe con dimensiones de 20cm x 20cm x 10cm para el ensayo de resistencia a la compresión. Se elaboraron adobes de tierra tradicionales y se elaboraron adobes de tierra más fibra de cabuya en reemplazo en los porcentajes de: 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr).

Para analizar la variación de las propiedades físico-mecánicas del adobe al reemplazar ichu por fibra de cabuya se realizaron pruebas de peso unitario, absorción, succión, desgaste por erosión acelerada Swinburne, resistencia a la compresión y resistencia a la tracción, los ensayos se realizaron en el laboratorio GEOTEST y de acuerdo a la normativa vigente descrita líneas adelante.

Los resultados obtenidos nos muestran que, al realizar el reemplazo con fibra de cabuya, es posible incrementar la resistencia a compresión y la resistencia a tracción en comparativa a un adobe tradicional y que al 100% del reemplazo se consiguen mejores resultados.

Palabras Clave: Ichu / Fibra cabuya / Adobe / Peso unitario / Absorción / Succión / Desgaste por Erosión acelerada de Swinburne (SAET) / Resistencia a la compresión / Resistencia a la tracción



Abstract

The following research thesis work that is exposed below is entitled "EVALUATION OF THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF ADOBE WITH REPLACEMENT OF ICHU BY CABUYA FIBER, IN THE QUISPIQUILLA SECTOR OF THE DISTRICT OF SAN SEBASTIÁN – CUSCO 2022", the objective of this research was to determine quantitatively how the physical mechanical properties of a traditional adobe with ichu vary to an adobe made of earth and fiber of cabuya in different proportions the same as were made in the sector of Quispiquilla, district of San Sebastián.

For this purpose, a total of 125 adobes were prepared; 95 adobe units with dimensions of 40cm x 20cm x 10cm for the tests of specific weight, absorption, suction, accelerated erosion wear of Swinburne and tensile strength, and 30 units of adobe with dimensions of 20cm x 20cm x 10cm for the compressive strength test. Traditional earth adobes were made and earth adobes plus cabuya fiber were made in replacement in the percentages of: 0% cabuya fiber (0.00 gr) + 100% straw (55gr), 25% cabuya fiber (13.75gr) + 75% straw (41.25gr), 50% cabuya fiber (27.50gr) + 50% straw (27.50gr), 75% cabuya fiber (41.25gr) + 25% straw (13.75) and 100% cabuya fiber (55gr) + 0% straw (0.00gr).

To analyze the variation of the physical-mechanical properties of adobe when replacing ichu with cabuya fiber, tests were carried out on unit weight, absorption, suction, wear by accelerated erosion Swinburne, resistance to compression and tensile strength, the tests were carried out in the GEOTEST laboratory and in accordance with the current regulations described below.

The results obtained show us that, when performing the replacement with cabuya fiber, it is possible to increase the compressive strength and tensile strength compared to traditional adobe and that 100% of the replacement achieves better results.

Keywords: Ichu / Cabuya fiber / Adobe / Unit weight / Absorption / Suction / Swinburne Accelerated Erosion Wear (SAET) / Compressive strength / Tensile strength



1. Capítulo I: Introducción

El adobe en el Perú es un elemento indispensable en la construcción de edificaciones de vivienda en la zona altoandina y espacios rurales, esto principalmente debido a la baja inversión económica y su fácil aprovechamiento. Resaltando que en nuestra región las construcciones en base a adobe son de aproximadamente del (67,3%), considerando zonas urbanas y rurales, haciendo referencia a las encuestas realizadas por el INEI (INEI, Censos nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda, 2017)

En esta investigación se tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas reflejadas en la calidad y resistencia de los adobes mediante la incorporación tecnologías innovadoras como la “fibra de cabuya”, dicho estudio y aplicación se realiza para que la población cusqueña tenga conocimientos sobre las nuevas aplicaciones de tecnologías de los materiales para mejorar la edificación de sus viviendas hechas de adobe en sus zonas de residencia como son en su mayoría las zonas altoandinas del Cusco. El ichu se encuentra en zonas alto andinas y hoy en día es difícil el alcance de las mismas; y la cabuya es muy abundante en los alrededores de la ciudad y nos brinda mejores propiedades a comparación del ichu, es por eso que, siendo una fibra vegetal abundante en la zona, decidimos realizar la investigación.

En el desarrollo de la investigación se desea fabricar unidades de adobe tradicional y unidades de adobe estabilizadas con reemplazo de fibra de cabuya al 13,75 gr, 27,5 gr, 41,25 gr y 55,00 gr. que hacen referencia al 25%, 50% y 75% y 100% respecto al peso total de paja que compone cada unidad de adobe tradicional; dichas muestras se someterán a los distintos ensayos con la finalidad de obtener las propiedades físico mecánicas que poseen, haciendo uso y guía de la Norma Técnica Peruana: NTP E.080, NTP 399.613, la Norma chilena Nch-1038 y la Norma Española UNE 41410, donde se obtuvo un incremento del doble de resistencia a la compresión, el triple de la resistencia a la tracción y una reducción del 94.05% del desgaste por erosión en cuanto a la oquedad respecto al adobe tradicional.

Nuestra investigación consta la siguiente distribución:

Capítulo I Planteamiento del Problema, en este ítem tenemos el Planteamiento del Problema principal y los que ocurren a raíz de esta, su posterior Justificación y la elaboración de nuestros Objetivos principales y secundarios; así como la delimitación de las mismas.



Capítulo II Marco Teórico, en este ítem podemos visualizar los Antecedentes y estudios previos que se realizaron tanto a nivel Local, Nacional e Internacional, las Bases Teóricas en las cuales nos basamos; así como también, el Marco Conceptual que define algunos conceptos especiales que se utilizan en gran parte de nuestra Investigación, también tenemos la Hipótesis y Variables que analizaremos.

Capítulo III Método, en este ítem se realiza el diseño metodológico, empezando por el Alcance de nuestro estudio, el Diseño de Investigación tanto metodológico como el Diseño en Ingeniería, la Población de estudio y la descripción de las Muestras que utilizaremos, todas las Técnicas e Instrumentos que usaremos para recolectar nuestra data para su posterior análisis y para garantizar la Validez y Confiabilidad se tendrá los avales necesarios.

Capítulo IV Resultados, en este ítem encontramos el análisis y comentarios de los resultados obtenidos, mediante tablas, gráficos tanto para los Resultados respecto a nuestro Objetivo Principal (General) y nuestros Objetivos Secundarios (específicos).

Capítulo V Discusión de los resultados, en este ítem se resalta los resultados más importantes, comparamos nuestros hallazgos con trabajos ya existentes para contrastar las limitaciones que se nos presenta, todo esto para dar finalmente nuestras conclusiones.

1.1. Planteamiento del Problema

El uso del adobe en el Perú se ve limitado por la gran variedad de climas que existe a lo largo y ancho de todo el territorio, afectando severamente las estructuras construidas con este material a lo largo del tiempo. A estas limitaciones naturales se suma el auge del concreto como material constructivo por excelencia, debido a su durabilidad en comparación con el adobe. (Benites, 2017)

Además, nuestro país está expuesto a la ocurrencia de sismos y se sabe que las estructuras de adobe son deficientes desde el punto de vista estructural ya que la resistencia a la compresión, tracción y flexión que presenta este material son demasiado bajos, por lo tanto, estas estructuras estarían propensas a colapsar ante un evento sísmico. (López y Torbisco, 2020)

Sin embargo, esto no ha evitado que el adobe siga siendo utilizado en la construcción de viviendas, sobre todo en las zonas rurales. Una de las razones principales para el uso del adobe en estas zonas es la abundancia de tierra apropiada para su elaboración, además que las técnicas constructivas con adobe han sido heredadas por generaciones y se practican hasta el día de hoy. (Salinas, 2017)



De acuerdo a un informe, en el área rural, las viviendas particulares que tienen como material predominante adobe en las paredes exteriores son 1,261,291 y representan el 69.5%, mientras que en el área urbana las viviendas con estas características son 887,203 y representan el 15.1%. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Esto evidencia la predominancia que tiene el adobe como material de construcción a nivel nacional, luego del ladrillo o bloque de cemento, sobre todo en el área rural donde la mayoría de los pobladores no tienen acceso ni cuentan con los recursos económicos suficientes para construir sus viviendas.

A nivel departamental el Cusco ocupa el cuarto lugar con respecto al número de viviendas particulares que tienen paredes exteriores construidas con adobe. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Y al analizar sólo la región Cusco, se obtiene que las viviendas particulares que tienen paredes exteriores construidas con adobe representan el 66.9%. Además, las viviendas que tienen estas características, en el área rural y urbana, representan el 81.6% y 59.8% respectivamente. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Esta situación es aún más preocupante en el sector de Quispiquilla, perteneciente al distrito de San Sebastián, donde las viviendas construidas principalmente con adobe representan el 92.4% en el área rural y el 49.8% en el área urbana. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

En este contexto consideramos importante el evaluar la mejora de la calidad de los adobes fabricados en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián, por lo que la presente investigación plantea el reemplazo del ichu, en peso, por fibra natural de cabuya, que abundan en la zona de estudio, para la evaluación de las propiedades físico – mecánicas de estas.

En la ciudad del Cusco existe una gran diversidad de Cabuya, la cual puede ser empleada como aditivo natural para la mejora de las propiedades físico-mecánicas del adobe. La Cabuya o también llamada Maguey, crece en zonas tropicales y en algunos casos de ambiente frío, constituye la flora principal de la serranía alta de la región del Cusco, por otra parte, representa una alternativa de uso en la fabricación de adobe, para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas del adobe.



1.2. Formulación de Problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo varían las propiedades físico-mecánicas del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes?

1.2.2. Problemas Específicos

P1. ¿Cuánto varía el peso específico del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes?

P2. ¿Cuánto varía la absorción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes?

P3. ¿Cuánto varía la succión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes?

P4. ¿Cuánto varía el desgaste por erosión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes?

P5. ¿Cuánto varía la resistencia a la compresión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes?

P6. ¿Cuánto varía la resistencia a la tracción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes?

1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

La presente investigación no generará costos excesivos para la fabricación de los adobes ni para la obtención de la fibra de cabuya puesto que está abunda en los alrededores de la ciudad (zona periférica), no tiene un uso comercial, el ichu es un material cada vez menos accesible, por el costo y transporte de este, consideramos que es necesario evaluar otras alternativas de refuerzo para los adobes elaborados en la región.

1.3.2. Relevancia social

Según INEI (2018) en el área rural del distrito de San Sebastián la cantidad de viviendas



particulares que tienen paredes exteriores construidas con adobe son 390 y representan el 92.4%, y en el área urbana existen 10,997 viviendas con estas características que representan el 49.8%.

Además, este distrito cuenta con 112,536 habitantes que representan el 25% de toda la población que habita en la provincia del Cusco, convirtiéndose de esta manera en el segundo distrito con mayor población respecto a los otros distritos que conforman dicha provincia. (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018)

Esto indica que los habitantes del distrito de San Sebastián prefieren construir sus viviendas utilizando el adobe como material de construcción principal, sobre todo en el área rural.

Por tal motivo la presente investigación tendrá como objetivo evaluar la calidad de los adobes producidos en el sector Quispiguilla con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, de tal manera que se pueda utilizar en la edificación de viviendas en el distrito de San Sebastián, que sin duda beneficiará a un gran sector de la población sobre todo a aquellas familias que se ubican en el área rural y que no cuentan con los recursos necesarios para construir sus viviendas utilizando materiales de construcción convencionales como el ladrillo o el cemento.

1.3.3. Implicancias prácticas

El presente trabajo de investigación aporta principalmente en el proceso de obtención, tratamiento y elaboración de las unidades, de adobe tradicional y de adobe con fibras de cabuya en distintos porcentajes de reemplazo en peso.

1.3.4. Valor teórico

Como aporte teórico se evalúa un nuevo material y nuevos valores en sus propiedades físico - mecánicas.

En la norma E-080, nos indica que el adobe reforzado tiene que obedecer a un diseño de filosofía sismorresistente, ya sea durante sismos leves, moderados y fuertes. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

Por tal motivo la presente investigación buscará evaluar las propiedades físico-mecánicas del adobe producido en el sector Quispiguilla con la intención de obtener una unidad con resultados positivos, que podrá ser utilizado en la construcción de viviendas reforzadas con propiedades sismo resistentes.

Se aplicará la norma peruana E.080, que es de carácter nacional y obligatorio, en la cual se establece



la resistencia a la compresión y tracción que deben tener los adobes para construcciones sismo resistentes.

Además, se mejorarán las propiedades físicas del adobe, como la absorción, succión y el desgaste por erosión, para evitar el rápido deterioro de las viviendas construidas con este material al tener presencias cercanas de agua, esto a razón de que este sector es considerado una zona de alta precipitación.

1.3.5. Utilidad metodológica

El proceso de extracción, tratamiento y obtención de la fibra de cabuya es bastante sencillo como se explica en páginas posteriores, la elaboración del adobe con reemplazo de ichu por fibras de cabuya, es similar a la de un adobe tradicional elaborada en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián, para la realización de ensayo de peso específico, absorción y succión se usa la norma NTP 399.613, para el ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET) la norma española UNE 41410, para la resistencia a la tracción la norma chilena NCh 1038 y para la resistencia a la compresión la norma NTP 399.613.

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo General

Evaluar las propiedades físico-mecánicas del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes.

1.4.2. Objetivos Específicos

O1. Calcular el peso del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes.

O2. Calcular la absorción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes

O3. Calcular la succión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián ante el reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes

O4. Calcular el desgaste por erosión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes

O5. Calcular la resistencia a la compresión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes.



O6. Calcular la resistencia a la tracción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, en diferentes porcentajes.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial

- El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio GEOTEST.
- El estudio se limita al distrito de San Sebastián, sector de Quispiquilla, en la Apv. Santa Rosa y con el sr. Issac Huamán Quinto quien elabora los adobes.
- El agua de mezcla para la elaboración de adobes es aprovechada de la red pública del sector Quispiquilla.
- El ichu proviene del sector de Huacoto.
- La fibra de cabuya proviene de la zona de Tancarpatá.

1.5.2. Delimitación temporal

- El presente estudio de investigación se realizó durante el año 2022.



2. Capítulo II: Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Autor: Mónica Salomé Montenegro Echevarría

Título: Caracterización del adobe reforzado con fibras naturales y artificiales para la recuperación de construcciones tradicionales en la Comuna de Zuleta.

Lugar: Quito, Ecuador

Año: 2019

La investigación tuvo como objetivo “investigar si la adición de fibras naturales y artificiales pueden mejorar las características físico-mecánicas del adobe para ser utilizados en la rehabilitación de las construcciones tradicionales en la Comuna de Zuleta provincia de Imbabura”, para ello utilizaron una metodología de nivel descriptiva y de diseño cuasiexperimental. Como resultado se obtuvo que el contenido de humedad del suelo era 11.57% y de acuerdo al ensayo granulométrico y límites de Atterberg se determinó que este estaba compuesto de 28.83% arena y 71.17% finos, LL 31.40%, LP 21.93% y IP 9.47%, por lo tanto se clasificaba como un suelo limoso de baja plasticidad (ML); de acuerdo a los ensayos de compresión y peso unitario al adicionar paja en 20%, 30% y 50% respecto al volumen del adobe, este presentaba una resistencia promedio a la compresión de 28.96 kg/cm², 24.58 kg/cm² y 30.80 kg/cm² respectivamente, y un peso unitario promedio de 1580.04 kg/m³, 1553.89 kg/m³ y 1661.83 kg/m³ respectivamente, al adicionar fibra de cabuya en 20% y 30% el adobe presentaba una resistencia promedio a la compresión de 24.37 kg/cm² y 16.11 kg/cm² respectivamente, y un peso unitario promedio de 1494.29 kg/m³ y 1548.89 kg/m³ respectivamente.

Conclusión: Por lo que se llegó a la conclusión que al adicionar 20% y 30% de paja se obtenían mejores resistencias con relación a la fibra de cabuya, y también se indica que una mayor cantidad de estas no implica una mayor resistencia a la compresión del adobe.

Autor: Vaca Caicedo, Liseth Yajaira; Jaimes Contreras, Diego Yecid

Título: Mejoramiento de las propiedades mecánicas del adobe mediante la adición de residuo vegetal de arroz para su implementación en la vereda J10 en el municipio de Tibú como material de construcción en la edificación de vivienda rural



Lugar: San José de Cúcuta, Colombia

Año: 2019

La investigación tuvo como objetivo “mejorar las propiedades mecánicas del adobe mediante la adición del residuo vegetal del arroz para su implementación como material de construcción en la edificación rural”, para ello utilizaron una metodología de nivel descriptivo y de diseño cuasiexperimental. Como resultado se obtuvo, de acuerdo al ensayo granulométrico y límites de Atterberg, que el suelo era limoso con alta plasticidad (MH) y con contenido de humedad promedio de 19.22%; de acuerdo a los ensayos de peso unitario, compresión y flexión al adicionar residuo vegetal del arroz con una longitud de 5 cm en 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% respecto al volumen del adobe, este presentaba un peso unitario húmedo de 1900 kg/m³, 1890 kg/m³, 1900 kg/m³, 1870 kg/m³, 1910 kg/m³ y 1840 kg/m³ respectivamente, una resistencia promedio a la compresión de 54.79 kg/cm², 63.22 kg/cm², 54.63 kg/cm², 46.85 kg/cm², 38.29 kg/cm² y 26.48 kg/cm² respectivamente, y una resistencia promedio a la tracción de 9.72 kg/cm², 8.09 kg/cm², 36.14 kg/cm³, 24.79 kg/cm² 8.48 kg/cm² y 4.43 kg/cm² respectivamente.

Conclusión: Por lo que se llegó a la conclusión que al adicionar mayor porcentaje de residuo vegetal del arroz con una longitud de 5 cm se presentaban una disminución de las propiedades físicas y mecánicas, respecto al adobe patrón, ya que este vegetal absorbía la humedad del barro provocando la aparición de fisuras.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Autor: Ximena del Pilar López Daza; Dasarella Bheatriz Torbisco Ascue

Título: Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional de adobe en una unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac.

Lugar: Lima

Año: 2020

La investigación tuvo como objetivo “aprovechar las fibras de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas del adobe en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac”, para ello aplicaron una metodología de nivel exploratorio y de diseño cuasiexperimental. Como resultado se obtuvo, de acuerdo al ensayo granulométrico y límites de Atterberg, que el suelo presentaba arena y finos,



límite líquido 23.77%, límite plástico 23.66% e índice plástico 9.11%, con respecto al ensayo de resistencia a la compresión se obtuvo que al agregar fibra de cabuya en 0%, 1.5%, 1.75%, 2% y 2.5% el adobe alcanzaba una resistencia promedio a la compresión de 8.05 kg/cm², 9.04 kg/cm², 10.11 kg/cm², 9.57 kg/cm² y 8.95 kg/cm² respectivamente.

Conclusión: Por lo que se llegó a la conclusión que al agregar fibra de cabuya en 1.75% la resistencia a la compresión del adobe aumentaba un 25.57% respecto al adobe patrón, alcanzando un valor de 10.11 kg/cm².

Autor: Verónica Beatriz Benites Zapata

Título: “Adobe estabilizado con extracto de cabuya (*Furcraea andina*).

Lugar: Piura

Año: 2017

La investigación tuvo como objetivo “identificar el conjunto de ventajas del adobe como material de construcción: es un material de bajo costo, biodegradable, aislante térmico y de bajo uso de energía de fabricación”, Se evaluó la preparación del polímero estabilizante antes de su incorporación al adobe con un proceso de maceración que se prolonga entre 5 y 20 días, fijándose tres tiempos de maceración distintos y evaluándose para cada uno de ellos el desempeño del adobe estabilizado en dos aspectos: la resistencia mecánica a través de resistencia a la compresión y a la flexión; y la resistencia al agua mediante la prueba del chorro de agua y el ensayo de inmersión. Los resultados demuestran que el extracto de Cabuya necesita un tiempo mínimo de maceración de 5 días y un óptimo de 10 para activar sus propiedades estabilizantes y lograr mejorar significativamente la resistencia al agua del adobe. La resistencia a la compresión y a la flexión mejoran en un 9.6% y 133.7% respectivamente, mientras que la resistencia a la acción del agua mejora notablemente, haciéndolo competitivo con otros materiales estabilizantes como la cal o el cemento.

Conclusión: Por lo que se llegó a la conclusión que el extracto de Cabuya es un polímero vegetal que sí contribuye significativamente a la estabilización del adobe, mejorando sus propiedades de resistencia al agua, como un polímero aglutinante que reduce a casi cero el efecto de daño por inmersión y chorro de agua en el adobe. Tiene además cierto efecto en sus propiedades mecánicas, pues para ciertas condiciones, se puede registrar una mejora en la resistencia a la compresión de



hasta el 9.6%; mejora la capacidad de deformación y adherencia, con un módulo de rotura que llega hasta un 133.7%.

2.1.3. Antecedentes Locales

Autor: Bautista Challco Juan Julio

Título: Evaluar las propiedades físico mecánico de adobe artesanal con mucilago de cactus en Tinta, Cusco- 2020

Lugar: Cusco

Año: 2020

La investigación tuvo como objetivo “Determinar de qué manera influye el mucilago de cactus en las propiedades de adobe artesanal en el distrito de Tinta – Cusco, 2020” y como objetivo específico, evaluar la influencia de aplicación de mucilago de cactus en un 2%,3%,4% en la resistencia a compresión del adobe artesanal del distrito de Tinta- Canchis- Cusco, Evaluar la influencia de aplicación de mucilago de cactus en un 2%,3%,4% en la resistencia a flexión de adobe artesanal del distrito de Tinta- Canchis- Cusco, evaluar la influencia de mucilago de cactus en un 2%, 3%, 4% en la absorción de humedad del adobe artesanal en el distrito de Tinta – Canchis – Cusco, 2020, de la misma manera se determinó la adición de mucilago de cactus en las unidades de adobe donde aumento en el ensayo de compresión , ensayo de flexión, en el ensayo de absorción disminuyo su porcentaje de absorción de agua en ensayo de 24 horas.”, la metodología usada se ha desarrollado debido que existía problemas en la construcción de adobes en la comunidad de Uchu del distrito de Tinta – provincia de Canchis – departamento del Cusco, debido a que las unidades de adobe tienen baja resistencia, por tal sentido se desarrollado esta tesis para plantear una nueva técnica para reforzar las unidades de adobe, utilizando mucilago de cactus para que mejorar sus propiedades físicas y mecánicas del adobe artesanal. la presente tesis es cuasiexperimental y aplicada, ya que indica a resolver problemas en las construcciones con una población de 72 unidades de adobe con mucilago de cactus, se encontraron los principales resultados como el la resistencia a compresión en el adobe patrón 17.65 kg/cm², 2% resultado 18.00 kg/cm², 3% resultados 18.42 kg/cm², 4% resultado 19.29 kg/cm² en el ensayo a flexión en adobe patrón de obtuvo 1.11 kg/cm², 2% resultado 5.77 kg/cm², 3% resultado 6.59 kg/cm², 4% resultado 10.28 kg/cm² en el porcentaje de absorción disminuye en una 2% resultados 15,02 %, 3% resultado 32.34 %, 4 % resultado 35.45 %..



Conclusión: Por lo que se llegó a la conclusión que al utilizar mucilago de cactus en las unidades de adobe con diferentes dosificaciones (2%,3%,4%), la unidad de adobe aumenta su resistencia, donde se pudo demostrar mediante los ensayos de laboratorio que al utilizar mucilago de cactus como refuerzo interno mejoran sus propiedades físicas y mecánicas de la unidades de adobe donde se encuentran los esfuerzos de compresión, ensayos de flexión, y disminuye el ensayo de absorción según que determina la Norma E-080.

Autor: Quintana Choque Luque, Dana Lisbeth; Vera Salizar, Mithdwar Octavio

Título: Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%

Lugar: Cusco

Año: 2017

La investigación tuvo como objetivo “evaluar la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50%, 75% y 100%”, la metodología usada fue de nivel descriptivo y de diseño cuasiexperimental. Como resultado se obtuvo, de acuerdo al ensayo granulométrico y límites de Atterberg, que el suelo presentaba 54% arena, 21% arcilla, 25% limo, límite líquido 16%, límite plástico 7% e índice plástico 9% por lo tanto se clasificaba como una arena arcillosa (SC), con respecto a los ensayos de absorción, succión, erosión y resistencia a la compresión se obtuvo que el adobe presentaba una absorción de 8.30% y 5.39% al reemplazar el 75% y 100% de agua por mucílago de tuna respectivamente, una succión de 41.48 gr/min/200cm², 30.19 gr/min/cm² y 10.67 gr/min/cm² al reemplazar el 50%, 75% y 100% de agua por mucílago de tuna respectivamente, una oquedad promedio de 27 mm, 19.7 mm, 10.2 mm, 6.5 mm y 3 mm y una resistencia promedio a la compresión 7.76 kgf/cm², 10.43 kgf/cm², 12.98k kgf/cm², 17.10 kgf/cm² y 21.34 kgf/cm² al reemplazar el 0%, 25%, 50%, 75% y 100% agua por mucílago de tuna respectivamente.

Conclusión: Por lo que se llegó a la conclusión que mientras mayor cantidad de mucílago tenga el adobe, este obtendrá una mayor resistencia a la erosión y a la compresión.

2.2. Bases Teóricas

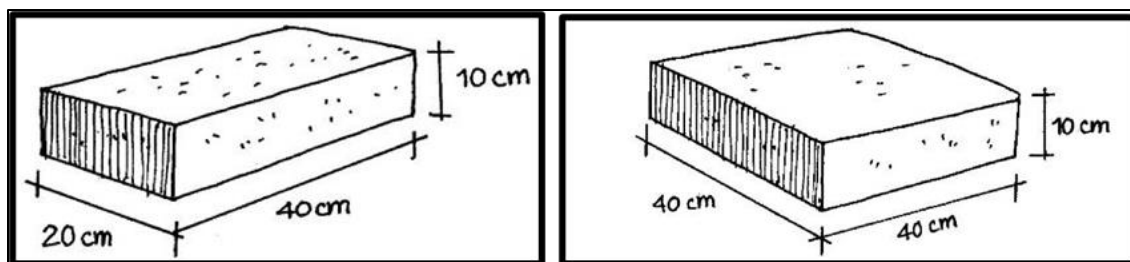
2.2.1. Adobe tradicional

Según Zeas y Benalcázar (2021) el adobe es una combinación entre barro y paja, en la mayoría de

las veces, moldeada en forma de ladrillo y que luego son dejadas al aire libre para su secado, evitando que la unidad quede expuesta a agentes externos que puedan mermar su capacidad estructural pues este material es utilizado en la construcción de viviendas.

El adobe es un elemento de albañilería compacto, conformado principalmente por tierra (arena, limo, arcilla) y agua, siendo indispensable la presencia de arcilla dentro de la composición de la tierra ya que permite una mayor cohesión entre las partículas, dotando al barro de una cierta plasticidad que permite colocarla en moldes cuadrados, con lados interiores iguales o menores a 0.40 metros, o rectangulares, cuyas dimensiones son las siguientes: largo doble de ancho y una altura entre 8 y 12 centímetros. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

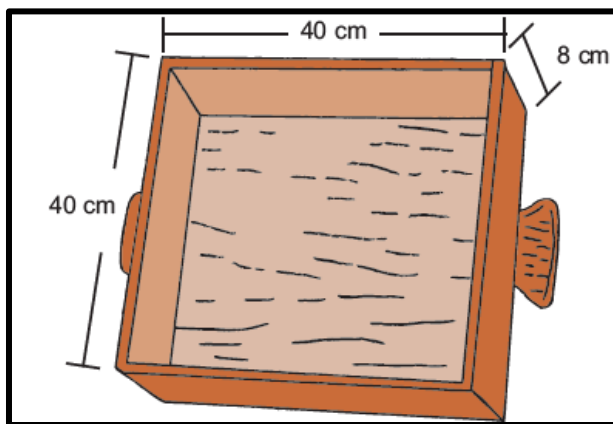
Figura 1: Adobe de base cuadrada y base rectangular



Fuente: Blondet et al. (2010)

Los moldes (adoberas) pueden ser de madera y para su fabricación se deben respetar las indicaciones dadas por la norma E.080, es decir, pueden ser de base cuadrada o base rectangular y sus medidas internas fueron mencionadas en el párrafo anterior.

Figura 2: Adobera cuadrada



Fuente: Edificaciones antisísmicas de adobe (2010)

El barro es una mezcla de arcilla, arena fina, limo y agua, además puede contener agregados más



gruesos, siendo el componente más importante el agua porque es el que permite la activación de la arcilla y con ello se produce la aglutinación de todos los demás componentes. (Montenegro, 2019)

La preparación del barro consiste en hidratar la tierra, que previamente debe haber sido cernida, para después dejar reposar la masa pastosa por un periodo mínimo de 48 horas. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

Figura 3: Preparación del barro



Fuente: Montenegro (2019)

La cantidad de agua que se ha de utilizar en la elaboración de adobes, no debe exceder el 20% del peso seco del barro. Así mismo debe de estar sin componentes orgánicos, sales, sólidos en suspensión u otras sustancias que puedan ser dañinas. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

La unidad de albañilería (adobe), compuesto por barro es también conocido como adobe tradicional, el cual ha sido utilizado desde la antigüedad y puede ser reforzado con diferentes materiales, naturales o artificiales, dependiendo de la accesibilidad de la zona. (Zeas y Benalcázar, 2021)

Según Cotrina et al. (2014) el adobe reforzado con fibras vegetales es más resistente que los adobes



tradicionales ya que sus propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión y flexión mejoran sustancialmente, evitando de esta manera el colapso de las estructuras de adobe ante un sismo.

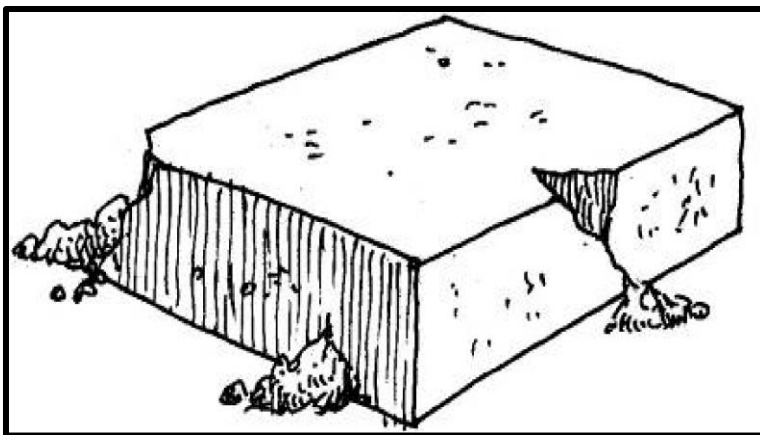
2.2.1.1. Características de la tierra como material

Las características de la tierra varían de acuerdo a cada región por ello es importante asegurarse que esté libre de impurezas (materia orgánica), y tenga una cantidad adecuada de arcilla y arena, esta última no sufre modificaciones en contacto con el agua y además su función es darle estructura y resistencia al adobe. Si existiese material orgánico lo recomendable es que no exceda el 3% por ser susceptible a la humedad, afectando de esta manera la durabilidad del adobe. (Benites, 2017)

Según Blondet et al. (2010) al elaborar un adobe, no se puede utilizar cualquier clase de tierra, al contrario, esta debe contener un porcentaje adecuado de arena y arcilla para evitar el deterioro o agrietamiento cuando van secando.

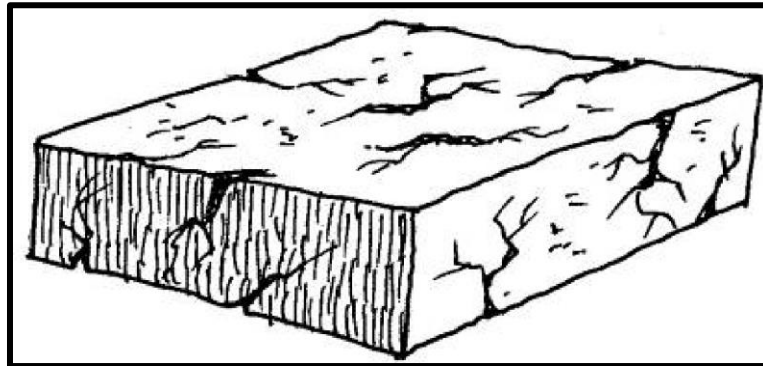
El fenómeno de desmenuzamiento y agrietamiento, en el adobe, se produce por un exceso de arena y arcilla respectivamente.

Figura 4: Adobe desmenuzado



Fuente: Blondet et al. (2010)

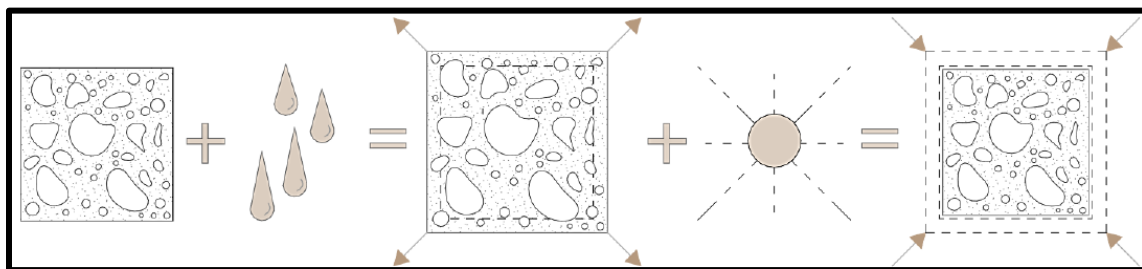
Figura 5: Adobe agrietado



Fuente: Blondet et al. (2010)

Se recomienda adicionar arena gruesa a la mezcla para mitigar el efecto de contracción-expansión del barro y de esta manera evitar la aparición de grietas y deformaciones en los adobes. (Benites, 2017)

Figura 6: Expansión y contracción del barro



Fuente: Aguilar E. y Quezada R. (2017)

Los adobes también se agrietan por no estar protegidos contra el sol o el viento durante el proceso de secado. (Benites, 2017)

La principal característica de la tierra como materia prima para la elaboración de adobes es aportar a la mezcla sus características físicas y mecánicas, como la plasticidad, cohesión, resistencia a la compresión, retractilidad, etc. (Zeas y Benalcázar, 2021)

Al respecto Aguilar y Quezada (2017) mencionan que la tierra apta para hacer adobes está compuesta por arcilla, limo y arena, aunque algunas veces puede darse que la tierra presenta partículas mayores como las gravas.

Según Benites (2010) una tierra adecuada para hacer adobes significa que el porcentaje de arcilla y limo esté comprendido entre el 10% - 45% y la arena entre el 55% - 80%.

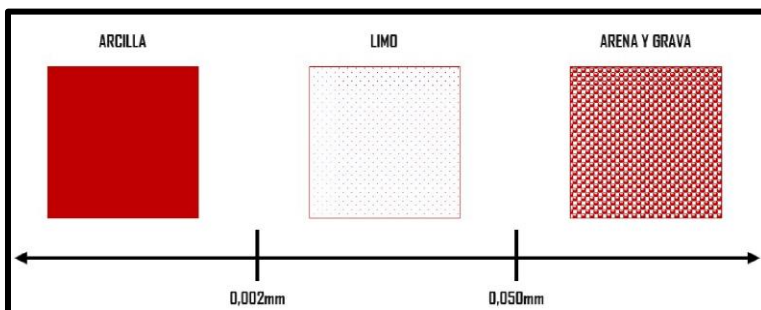
Así mismo el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2010) recomienda que la tierra utilizada para hacer adobes debe tener una composición de arcilla, limo y arena comprendidos entre el 10% - 20%, 15% - 25%, y 55% - 70% respectivamente.

Sin embargo, los suelos utilizados con frecuencia para hacer adobes en el Perú tienen un porcentaje de arena entre 55% - 75% y de arcilla entre 25% - 45%. (Saroza et al., 2008)

Los suelos que no son aptos pueden ser mejorados mezclándolos con otros hasta encontrar la proporción correcta de finos y arenas, además menciona que esta mezcla se debe realizar en condiciones donde la tierra esté totalmente seca con la finalidad de obtener una masa homogénea. (Benites, 2017)

El suelo puede ser clasificado de acuerdo al tamaño de las partículas que contengan en mayor cantidad, es decir, la distribución granulométrica de las partículas definirá si el suelo es arcilloso, limoso o arenoso. (Montenegro, 2019)

Figura 7: Clasificación de las partículas según el diámetro



Fuente: Montenegro (2019)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017) los suelos aptos para hacer adobes deben estar compuestos por arcilla, limo, arena fina y arena gruesa, tal como se muestra a continuación.

Tabla 1: Características de las partículas en función del diámetro

| Tamaño de partícula | Características principales |
|---|---|
| Arena Gruesa $0.60 \text{ mm} \leq D \leq 4.75 \text{ mm}$ | <ul style="list-style-type: none">• Material inerte, no cohesivo y no plástico• No se retrae al secarse• Poca o nula compresibilidad• Desmenuzable con los dedos |



| | |
|---|--|
| Arena Fina $0.08 \text{ mm} \leq D \leq 0.50 \text{ mm}$ | <ul style="list-style-type: none">• Material inerte, no cohesivo y no plástico• No se retrae al secarse• Desmenuzable con los dedos |
| Limo $0.002 \text{ mm} \leq D \leq 0.08 \text{ mm}$ | <ul style="list-style-type: none">• Material inerte, no cohesivo y no plástico• Desmenuzable con los dedos |
| Arcilla $D \leq 0.002 \text{ mm}$ | <ul style="list-style-type: none">• Material cohesivo y plástico• Se activa en contacto con el agua, actúa como aglomerante• Su resistencia seca es alta |

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.2. Ensayos in-situ para la selección del material

La norma E.080, en el capítulo IV, se mencionan 2 ensayos que se pueden aplicar en campo para comprobar que la tierra sea la adecuada. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

Los ensayos consisten en detectar la presencia de arcilla y si la cantidad de esta es la adecuada para evitar la aparición de fisuras y darle cierta resistencia al barro en estado seco.

2.2.1.2.1. Ensayo de Cinta de barro

Para ello es necesario aplicar una prueba conocida como “Cinta de barro” que consiste en utilizar un pedazo de tierra con suficiente cantidad de agua para formar un poliedro cilíndrico de 12 mm de diámetro.



Figura 8: Cilindro de 12mm de diámetro



Fuente: Pedraza B. (2021)

Luego procedemos a aplanar este cilindro con los dedos pulgar e índice hasta formar una cinta de 4 mm de espesor, después se dejará colgar el material con el objetivo de hallar la longitud que alcanza hasta cortarse.

Figura 9: Ensayo de cinta de barro



Fuente: Pedraza B. (2021)



Si la cinta de barro se corta al alcanzar una longitud igual o menor a 10 cm entonces la presencia de arcilla es muy baja, pero si la cinta de barro se corta después de llegar a medir entre 20 y 25 cm de largo, entonces la presencia de arcilla es abundante.

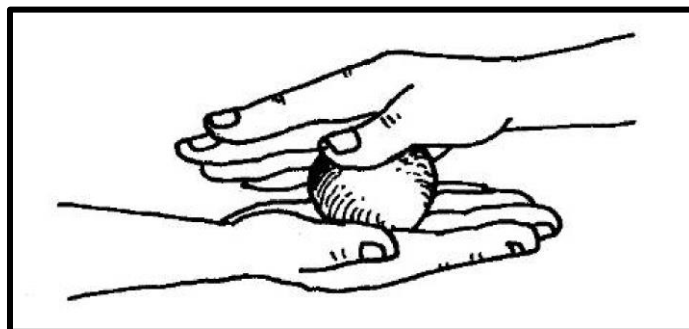
En caso la cinta de barro se corte entre los 10 y 20 cm de largo, entonces el suelo tiene presencia de arcilla necesaria, es decir, tiene un comportamiento plástico muy bueno. (Zeas y Benalcázar, 2021)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2017) toda la prueba debe durar aproximadamente 10 minutos.

2.2.1.2.2. Ensayo de resistencia seca

Para ello es necesario realizar una prueba conocida como “Resistencia seca” que consiste en mezclar un pedazo de tierra con poca agua, hasta llegar a elaborar con nuestras manos, cuatro bolitas.

Figura 10: Formación de bolitas de barro



Fuente: Blondet et al. (2010)

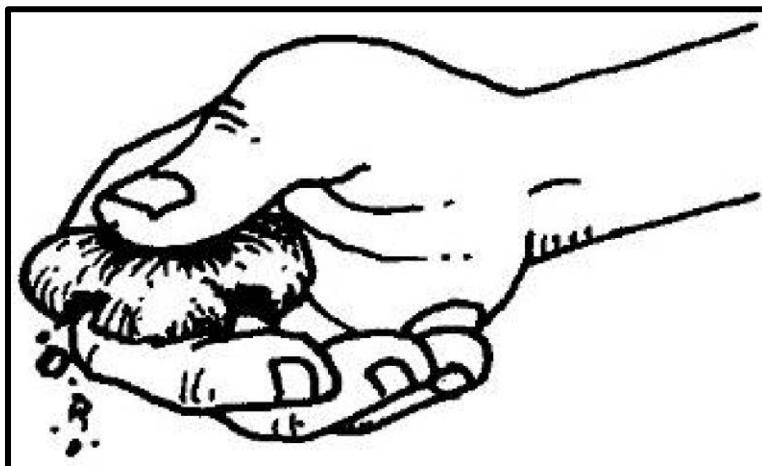
Luego se procederá a secar estas bolitas durante 48 horas, teniendo en cuenta que debemos aislarlas de la intemperie durante este proceso para evitar posibles alteraciones en la masa de barro.

Después se colocarán entre los dedos índice y pulgar ejerciendo suficiente fuerza como para romperla.

Si al menos una de las 4 bolitas se rompe o agrieta durante este proceso entonces se vuelve a realizar la prueba desde el inicio.

Y si vuelve a ocurrir lo mismo que en la prueba anterior entonces se rechaza la tierra por poseer una baja resistencia en estado seco. Aunque a veces se puede agregar tierra arcillosa para estabilizar el suelo en cuestión.

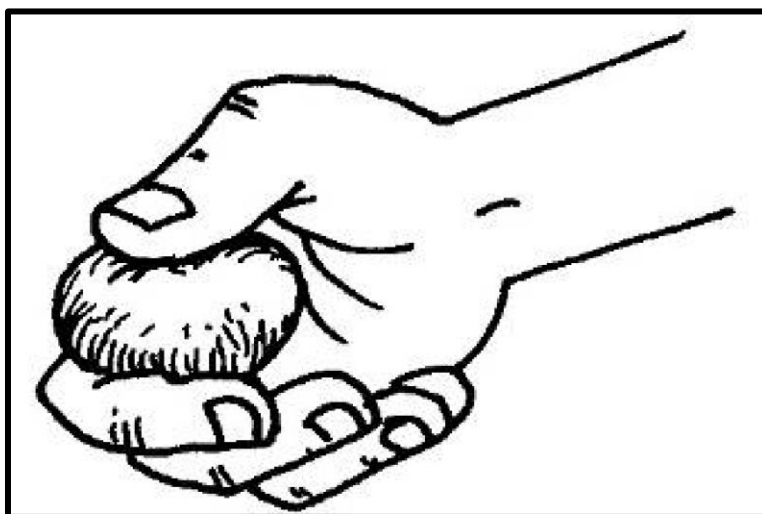
Figura 11: Rotura de la bolita seca



Fuente: Blondet al et. (2010)

En caso ninguna de las 4 bolitas se rompa o agriete al presionarlas fuertemente entonces la tierra será apta para fabricar adobes.

Figura 12: Bolita seca resistente a roturas



Fuente: Blondet al et. (2010)

2.2.1.3. Ensayos de laboratorio

Es necesario llevar a cabo estos ensayos en laboratorio, para poder verificar las pruebas llevadas a cabo en campo, además que los resultados obtenidos en laboratorio permitirán una mejor descripción del suelo. (Zeas y Benalcázar, 2021)

2.2.1.3.1. Ensayo de Granulometría

Para el análisis granulométrico se usarán la NTP 400.012 y NTP 400.018, la primera para



determinar la distribución, en porcentaje, de las partículas que lleguen a pasar el tamiz N°4, hasta el tamiz N°200 y la segunda para determinar la distribución, en porcentaje, de aquellas que pasen el tamiz N°200.

El procedimiento para partículas que pasen el tamiz N°4 y quedan retenidos en el tamiz N°200 consiste en extraer una masa de suelo que primero será pesada con una balanza de 0.1 g de precisión y luego será secada en un horno con $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ para finalmente colocarla sobre el juego de tamices que van de mayor tamaño de abertura a menor tamaño de abertura.

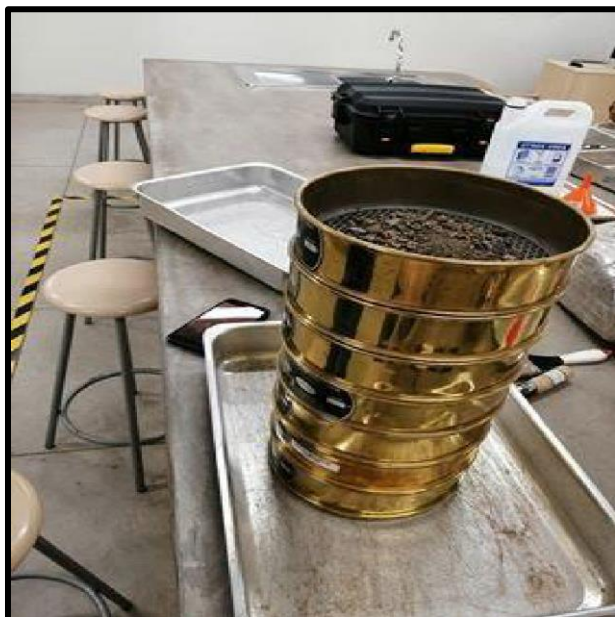
Tabla 2: Diámetro de tamices estándar

| Tamices | Abertura (mm) |
|----------------|----------------------|
| N° 4 | 4.750 |
| N° 10 | 2.000 |
| N° 20 | 0.840 |
| N° 40 | 0.425 |
| N° 60 | 0.260 |
| N° 140 | 0.106 |
| N° 200 | 0.075 |

Fuente: MTC (2016)

El tamaño de los tamices será seleccionado de forma adecuada de tal manera que la gráfica, producto de la distribución granulométrica, sea lo más exacta posible.

Figura 13: Juego de tamices



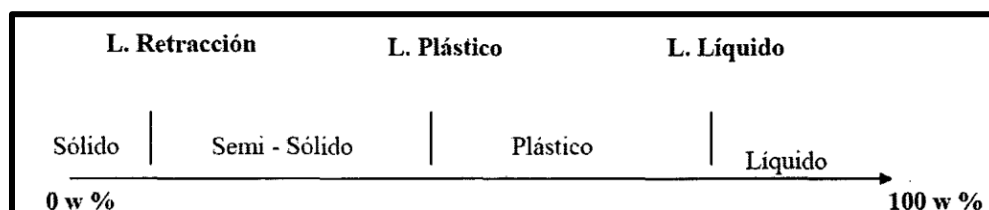
Fuente: López y Torbisco (2020)

2.2.1.3.2. Ensayo de Límites de Atterberg

La consistencia de los suelos varía de acuerdo a la cantidad de agua que estos contengan, así, por ejemplo, un suelo arcilloso podría tener un comportamiento sólido, semisólido, plástico o líquido si variamos el contenido de agua dentro de la composición del suelo. (Ocon, 2013)

Por lo tanto, en función al contenido de humedad (W%), los suelos pueden presentar cuatro estados básicos, como se muestra a continuación.

Figura 14: Límites de Atterberg



Fuente: Ocon J. (2013)

El contenido de humedad (W%), en el que el suelo termina su comportamiento semisólido y pasa a comportarse como un plástico (límite plástico). El contenido de humedad (W%) en el que el suelo termina su comportamiento plástico para pasar a comportarse como un líquido se denomina límite líquido. (Braja, 2015)



a) Ensayo de Límite líquido (LL):

Nos indica el contenido de humedad mínimo que puede tener un suelo para que su comportamiento sea el de un fluido viscoso, y se vuelve comportamiento plástico cuando el límite líquido sea superior al contenido de humedad. (Ocon, 2013)

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) el límite líquido de un suelo está definido por el contenido de humedad, en porcentaje, para el cual este se encuentra entre los estados líquido y plástico.

Para su determinación se aplicará la norma MTC E 110, en la cual se describen los procedimientos, equipos e insumos necesarios para el ensayo en laboratorio.

La fórmula utilizada para el cálculo del límite líquido será la siguiente:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

N = Número de golpes requeridos para deslizar la muestra de suelo sobre la ranura para un contenido de humedad determinado

W^n = Contenido de humedad

k = Factor dado en la Tabla 3

Tabla 3: Determinación del factor k

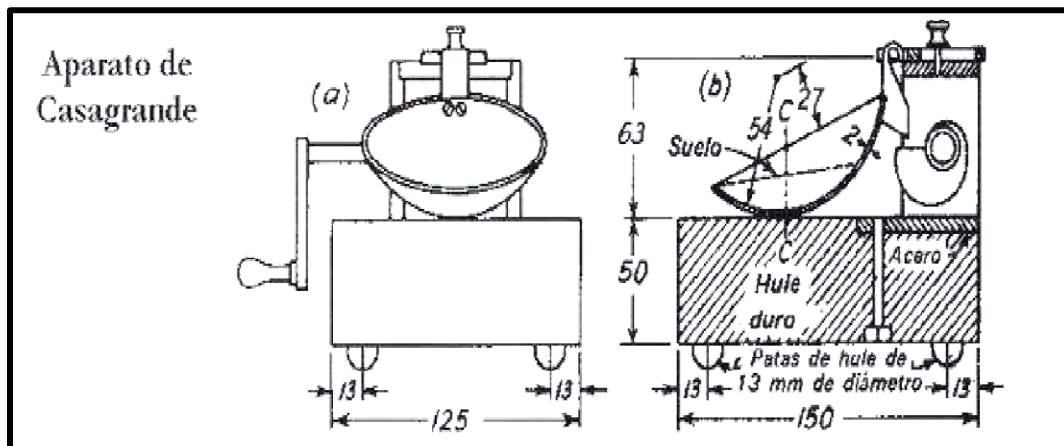
| N (Número de golpes) | k (Factor) |
|-----------------------------|-------------------|
| 20 | 0.974 |
| 21 | 0.979 |
| 22 | 0.985 |
| 23 | 0.990 |
| 24 | 0.995 |
| 25 | 1.000 |
| 26 | 1.005 |
| 27 | 1.009 |
| 28 | 1.014 |

| | |
|----|-------|
| 29 | 1.018 |
| 30 | 1.022 |

Fuente: MTC (2016)

En la Figura 15 se puede observar la Copa de Casagrande, aparato utilizado en el laboratorio para determinar el límite líquido.

Figura 15: Cuchara de Casagrande



Fuente: Quintana D. y Vera M. (2017)

b) Ensayo de Límite plástico (LP):

Nos indica el contenido de humedad mínimo que puede tener un suelo para que éste se comporte como un material plástico, es decir, el suelo adquiere la capacidad de ser moldeable. (Ocon, 2013)

Para su determinación se aplicará la norma MTC E 111, en la cual se describen los procedimientos, equipos e insumos necesarios para el ensayo en laboratorio.

La fórmula utilizada para el cálculo del límite plástico será la siguiente:

$$LP = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado al horno}} \times 100$$

En la Figura 16 se puede observar la formación de barritas de aproximadamente 3 mm de diámetro.

Figura 16: Ensayo de Límite Plástico



Fuente: Braja M. (2015)

c) Índice de plasticidad (IP):

Resulta de hallar la diferencia matemática entre los límites de consistencia, y su importancia radica en que permite conocer el rango del comportamiento plástico del suelo. (Quintana y Vera, 2017)

La fórmula utilizada para el cálculo del índice de plasticidad será la siguiente:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

2.2.1.3.3. Contenido de humedad

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) el contenido de humedad se expresa en porcentaje y se calcula al dividir el peso del agua contenida en una muestra del suelo sobre el peso de las partículas sólidas que conforman dicha muestra.

Para su determinación se utilizará la norma MTC E 108, en la cual se establecen los procedimientos, equipos e insumos necesarios para el ensayo en laboratorio.

La fórmula utilizada para el cálculo del contenido de humedad será la siguiente:

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco del suelo}} \times 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad en %



La norma E.080 recomienda que el contenido de humedad no debe de superar el 20%.

2.2.1.4. Clasificación del suelo

Para la clasificación del suelo se utilizará el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), de acuerdo a la NTP 339.134, el cual se basa en los resultados del análisis granulométrico y límite de Atterberg. Se considera que el suelo está dividido en tres grandes grupos, suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos con alto contenido de material orgánico. Entre los suelos de grano grueso se tienen a las gravas y arenas, mientras que entre los suelos de grano fino se tienen a las arcillas y limos. (Norma Técnica Peruana 339.134, 1999)

El granulométrico en laboratorio, se deberán tomar en cuenta los pesos secos mínimos que se indican en la Tabla 4.

Tabla 4: Cantidad mínima por tamiz

| Tamaño máximo de partículas (abertura de tamiz) | Tamaño de espécimen (mínimo peso seco) |
|--|---|
| 4.75 mm (N°4) | 100 g |
| 9.5 mm (3/8 pulg) | 200 g |
| 19 mm (3/4 pulg) | 1 kg |
| 38.1 mm (3/2 pulg) | 8 kg |
| 75 mm (3 pulg) | 60 kg |

Fuente: NTP 339.134 (1999)

El suelo se clasifica como arena si más del 50% de la fracción gruesa queda retenida entre los tamices N°4 y N°200, y si más del 12% de la muestra pasa el tamiz N°200 entonces se considera que el suelo es de grano grueso con finos. (Norma Técnica Peruana 339.134, 1999)

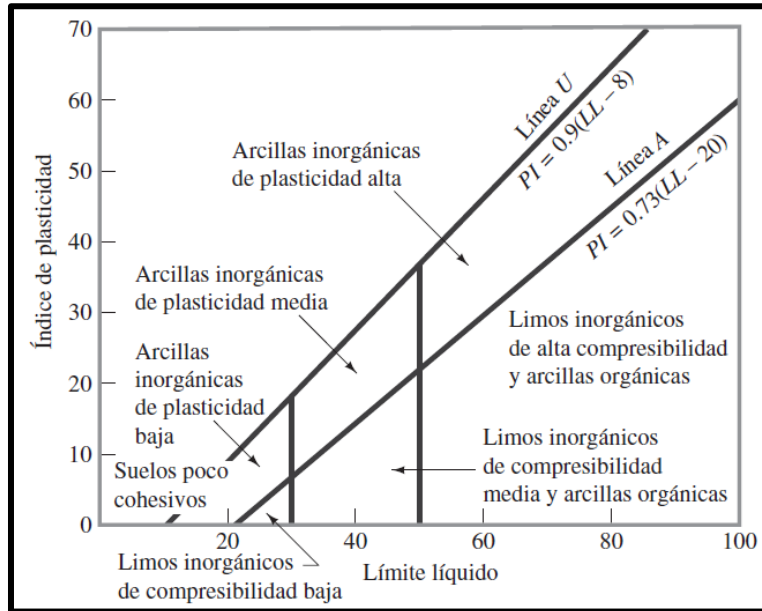
Según Quintana y Vera (2017) el límite líquido en conjunto con el índice de plasticidad permitirá la clasificación de los suelos de grano fino utilizando la carta de Casagrande.

Para los ensayos de límites de Atterberg, hacemos uso de muestras de suelo lo suficientemente grandes para obtener 150 g a 200 g de suelo más fino que el tamiz N°40. (Norma Técnica Peruana 339.134, 1999)

Tanto la arcilla como el limo serán suelos de baja plasticidad si sus límites líquidos son menores que 50%, y si sus límites líquidos son mayores o iguales que 50% entonces serán suelos de alta plasticidad. (Norma Técnica Peruana 339.134, 1999)

En la figura 17 se puede observar la Carta de Plasticidad o también conocida como Carta de Casagrande para determinar las características de los suelos de grano fino.

Figura 17: Carta de Plasticidad



Fuente: Braja M. (2015)

2.2.1.5. Propiedades físicas del adobe

2.2.1.5.1. Peso específico

El peso específico es el resultado de la relación que existe entre el peso de la masa del adobe no saturado y su volumen, que se halla multiplicado las dimensiones internas de la adobera. Además, se sabe que el adobe no saturado se caracteriza por presentar poros que están llenos de aire y agua. (Nureña, 2017)

Se aplica la siguiente fórmula:

$$\gamma = \frac{W}{V}$$

Donde:

γ = *Peso específico*

W = *Peso del adobe no saturado*



$V =$ Volumen del adobe

2.2.1.5.2. Absorción

Para determinar la absorción del adobe se utilizará la NTP 399.613, en la cual se describen los procedimientos, equipos e insumos necesarios para llevar a cabo el ensayo en el laboratorio.

Según Quintana y Vera (2017) el ensayo de absorción permite calcular la capacidad que tiene el adobe para absorber agua cuando está saturado.

Se ensayarán 5 adobes, los cuales pasarán por un proceso de secado en un horno a una temperatura de 110 °C y 115 °C antes de ser sumergidos por 24 horas en un recipiente con agua, cuya temperatura debe estar entre 15 °C y 30 °C. Pasadas las 24 horas se extraen las muestras y se limpia la superficie con un trapo húmedo, finalmente se pesan las muestras en estado saturado. (Norma Técnica Peruana 399.613, 2017)

Cabe mencionar que los adobes deben ser pesados luego de ser secados en el horno, es decir, antes de ser sumergidos en agua.

Figura 18: Secado de adobe al horno



Fuente: Abanto P. y Akarley L. (2014)



Figura 19: Adobe sumergido en agua



Fuente: Abanto P. y Akarley L. (2014)

Para el cálculo de la absorción se utilizará la siguiente fórmula:

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

Donde:

W_s = *Peso seco del adobe*

W_d = *Peso del adobe saturado*

2.2.1.5.3. Succión

Para determinar la succión del adobe se utilizará la norma NTP 399.613, en la cual se describen los procedimientos, equipos e insumos necesarios para llevar a cabo el ensayo en el laboratorio.

Según Quintana y Vera (2017) el ensayo de succión permite calcular la capacidad que tiene el adobe para absorber agua por tensión. La muestra estará conformada por 5 adobes y el ensayo consistirá en medir la velocidad inicial con la cual el adobe absorbe agua por capilaridad, la medida se realiza en gramos por cada centímetro cuadrado de superficie puesta en contacto con el agua en un minuto. (Norma Técnica Peruana 399.613, 2017)

Previamente a la realización del ensayo los adobes deben ser secados en el horno a 100°C por un tiempo de 24 horas con el objetivo de hallar su peso seco y luego del ensayo se volverá a pesar para hallar su peso en estado húmedo. (Norma Técnica Peruana 399.613, 2017)



Figura 20: Ensayo de succión



Fuente: More (2019)

Según De la Cruz y Guerrero (2012) para el cálculo de la succión, expresada en gramos por centímetro cuadrado y minuto, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Succión} = \frac{Q_i - P_i}{A_i}$$

Donde:

Q_i = *Peso en gramos del adobe luego del ensayo*

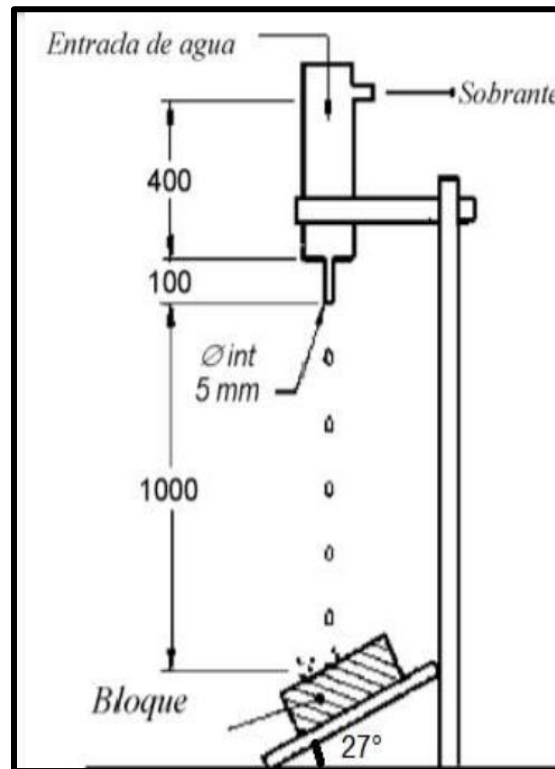
P_i = *Peso en gramos del adobe antes del ensayo*

A_i = *Área de contacto del adobe con el agua en centímetros cuadrados*

2.2.1.5.4. Desgaste por Erosión Acelerada Swinburne (SAET)

Este ensayo permite medir la oquedad en una de las caras de las unidades de adobe producto del continuo contacto con agua a una presión constante, simulando una fuerte lluvia, así de esta manera se pueden verificar los resultados de la oquedad producto del ensayo en los adobes. La muestra estará conformada por 3 adobes y el ensayo consistirá en medir la profundidad de la marca dejada por el chorro de agua sobre la superficie del adobe como porcentaje del espesor del material. (Benites, 2017)

Figura 21: Ensayo SAET



Fuente: Norma UNE 41410. (2008)

Para la realización del ensayo se tomará como guía la norma UNE 41410:2008, la cual describe los procedimientos y equipos necesarios para el ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET), sin embargo, cabe mencionar que este ensayo es aplicado solo para bloques de tierra comprimida.

2.2.1.6. Propiedades mecánicas del adobe

2.2.1.6.1. Resistencia a la compresión

Para determinar la resistencia a la compresión de los bloques de adobe se utilizará la norma NTP 399.613, en la cual se describen los equipos y procedimientos del ensayo a compresión. El número de muestras a ensayar serán 3 adobes partidos a la mitad, y la resistencia última promediada deberá ser 10.2 kgf/cm². (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

Quintana y Vera (2017), indican que el ensayo consistirá en someter los bloques de adobe a una fuerza vertical sobre las caras con mayor área mediante unas placas de acero accionadas por un brazo mecánico.



Figura 22: Ensayo de resistencia a la compresión



Fuente: Ruiz J. y Vida F. (2014)

Para el cálculo de la resistencia última a la compresión se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia última a compresión} = \frac{W}{A}$$

Donde:

W = Fuerza máxima ejercida por la máquina de ensayo, kgf

A = Promedio del área en contacto con las placas de acero, cm^2

2.2.1.6.2. Resistencia a la tracción

Para determinar la resistencia a la tracción de los bloques de adobe se utilizará la norma técnica chilena NCh 1038, en la cual se describen los equipos y procedimientos del ensayo a la tracción. Para la elección del número de muestras a ensayar se tomará en cuenta la norma E.080 en la cual se establece que como mínimo las muestras a ensayar serán 6 unidades, con una resistencia última aproximada de 0.81 kgf/cm². (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

Consiste en colocar el bloque de adobe sobre dos apoyos, la cara apoyada será la que tenga mayor área, y luego se procederá a la aplicación de una fuerza vertical en el centro hasta que ocurra la ruptura por tracción. (Flórez y Limpe, 2019)



Figura 23: Ensayo de resistencia a la tracción por flexión



Fuente: Ceresis (2015)

Para el cálculo de la tensión de rotura de los bloques de adobe se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Tensión de rotura} = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

Donde:

P = Fuerza máxima ejercida por la máquina de ensayo, kgf

L = Distancia entre apoyos, cm

b = Ancho del bloque de adobe en el plano de falla, cm

L = Espesor del bloque de adobe en el plano de falla, cm

2.2.2. Fibra de Cabuya

Con nombre científico “*Furcraea andina*”, es una planta cultivada que desprende sus raíces en las alturas del territorio peruano y se caracteriza por tener hojas carnosas y muy fibrosas, provistas de espinas en los bordes. (Barrantes, 2013)

Esta planta alcanza una altura de 1.5 m sin considerar sus raíces, con los cuales alcanza una altura total de hasta 15 m. En los andes esta planta es también conocida como “Chuchau” ya que el nombre Cabuya proviene del quechua “Chahuar”. (López y Torbisco, 2020)

En algunas zonas de la región del Cusco esta planta se utiliza generalmente como un elemento natural para delimitar las tierras de cultivo o los caminos. (Sucllar y Paucara, 2018)



Figura 24: Planta de cabuya



Fuente: Sucllar y Paucara (1977)

Según Cervantes y Cuya (2015) la fibra de cabuya fue una de las primeras fibras vegetales utilizadas en la industria textil, sin embargo, esta fibra también es utilizada en la fabricación de sogas debido a su alta resistencia a la tracción.

Figura 25: Fibra de cabuya



Fuente: Montenegro (2019)



2.2.2.1. Obtención de la fibra de cabuya

A continuación, se describirá el proceso de obtención de la fibra de las hojas de la planta llamada cabuya (*Furcraea andina*).

2.2.2.1.1. Corte de las hojas de cabuya

Se procederá a cortar las hojas de la planta de cabuya con mucho cuidado debido a que tiene espinas en sus bordes, por lo que se recomienda utilizar un machete o cuchillo para tal operación. Se debe evitar cortar hojas que estén en mal estado o en proceso de descomposición. (Galarza, 2020)

Figura 26: Extracción de hojas de cabuya



Fuente: Estrella (2016)

Este proceso deberá ser realizado de manera periódica y el machete o cuchillo utilizado tiene que estar muy afilado, recomendable que mida de 8 a 10 pulgadas para facilitar el trabajo y evitar heridas por contacto con las espinas. (Estrella, 2016)

2.2.2.1.2. Traslado de hojas cortadas

Luego de cortar las hojas de cabuya se procede a juntarlas en un solo lugar para facilitar su traslado a la zona donde se realizará el desfibrado. Todo el proceso, desde el corte de las hojas hasta su traslado, debe durar como máximo 24 horas si se dejan a la intemperie ya que pasado ese tiempo se dificulta aún más la extracción de la fibra. (Estrella, 2016)

2.2.2.1.3. Obtención de la fibra de cabuya

Según Galarza (2020) el proceso para la obtención de la fibra se puede hacer de manera manual o mecánica, siendo el proceso más eficiente y el más utilizado el uso de la máquina desfibradora. Sin embargo, para la presente investigación se optará por el proceso manual para la obtención de la



fibra. Para el desfibrado manual se utilizará el sistema de enriado, que consiste en formar atados de 5 a 10 hojas de cabuya para luego ser sumergidos en agua con el objetivo de que la goma y la pulpa que rodean a la fibra se descompongan y puedan desprenderse fácilmente con sucesivos golpes o sacudidas. (Estrella, 2016)

2.2.2.1.4. Lavado de la fibra de cabuya

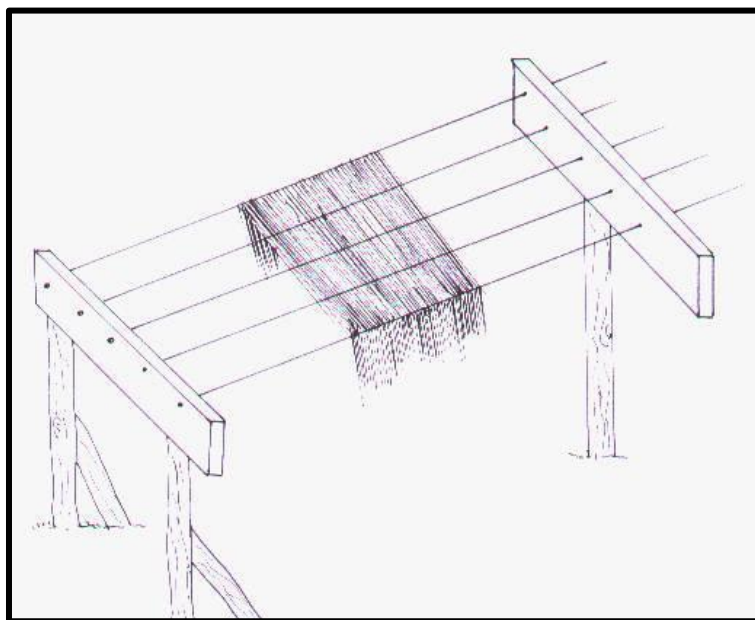
Luego del desfibrado se lavarán las fibras para eliminar los residuos que puedan haber quedado y como resultado se obtendrá una fibra libre de impurezas y de un color amarillento, lista para ser secada al sol. (Galarza, 2020)

2.2.2.1.5. Secado de la fibra de cabuya

Según Estrella (2016) el proceso de secado puede realizarse de manera natural o de manera artificial, siendo el más utilizado y el más económico el secado natural que consiste en exponer las fibras humedecidas a los rayos del sol.

Para evitar algunos inconvenientes durante el proceso secado se recomienda utilizar unas estructuras de madera en forma de T, que tendrán 1 metro de altura y estarán distanciados de 4 a 6 metros. Por la parte superior de estas estructuras se tejerán alambres galvanizados, separados de 20 a 25 centímetros, que servirán de soporte para el tendido de las fibras hasta que se sequen de manera natural.

Figura 27: Secado de la fibra de cabuya



Fuente: Estrella (2016)



2.2.2.2. Tamaño de la fibra de cabuya

Según Zeas y Benalcázar Soto (2021) algunas investigaciones recomiendan que las fibras deben tener una longitud entre 10 a 15 cm para ser utilizadas en la fabricación de adobes, sin embargo, por experiencias previas se determinó que lo mejor será utilizar fibras con un tamaño de 10 cm de longitud.

Figura 28: Fibra de cabuya de 10 cm



Fuente: Zeas V. y Benalcázar M. (2021)

2.2.2.3. Dosificación del ichu y fibra de cabuya

Se utilizará una balanza para pesar el ichu y la fibra de cabuya de 10 cm a 12 cm de longitud, de manera que al mezclar ambos materiales se tenga la seguridad que el reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya, sean los siguientes: 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr).

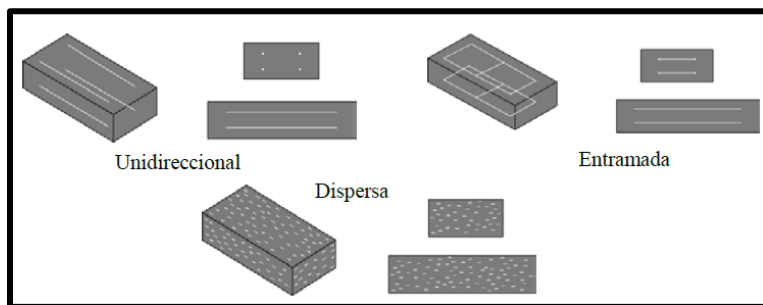
Previamente se deberá determinar el peso de ichu que le corresponde a cada adobe tradicional fabricado en el sector Quispiguilla del distrito de San Sebastián.

2.2.2.4. Distribución de la fibra de cabuya

La forma en que serán distribuidas las fibras de 10 cm en el adobe corresponderá a una distribución dispersa.

Según Galarza (2020) este tipo de distribución es la forma en la que se han utilizado las fibras por años.

Figura 29: Distribución de fibras



Fuente: Galarza J. (2020)

2.2.3. Norma E.080 – Diseño y Construcción con Tierra Reforzada

2.2.3.1. Generalidades y Objetivos

La norma utilizada en el Perú es la “Norma E.080 – Diseño y Construcción con Tierra Reforzada” cuya versión más reciente fue publicada en el 2020 por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Dicha norma establece las especificaciones para el diseño y construcción con tierra reforzada para mejorar el método actual de construcción, adicionando las características geográficas de las distintas zonas del Perú. El objetivo de la norma prima en la optimización económica mediante el uso de materiales in-situ y eco amigables, pero con las especificaciones y requisitos precisados para lograr una edificación sin falla frágil. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)

2.2.3.2. Consideraciones Generales para la Construcción de Adobe

No se deben encontrar en zonas de riesgo e inestabilidad geológica. De acuerdo a las zonas sísmicas establecidas en el Anexo N.º 1 de la NTP E.030, las viviendas de adobe deben de ser de un piso en las zonas 3 y 4 y un máximo de dos pisos en las zonas 1 y 2. La cimentación llevada a cabo de acuerdo a la NTP E.050 solo se realiza en suelos firmes mas no en suelos granulares, cohesivos blandos ni arcillas expansivas. El diseño de este tipo de estructuras debe de poseer una adecuada resistencia, estabilidad y buen comportamiento sismorresistente, los métodos de análisis se llevan a cabo considerando el comportamiento elástico del material. Mientras que la sustentación de nuevas técnicas se debe de basar en cuanto al comportamiento sismorresistente de la edificación al momento del servicio, sin llegar a ocasionar fallas frágiles o colapsos. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)



2.2.3.3. Propiedades de los materiales

La Tierra, debe de contener arcilla en un porcentaje aceptable, las cuales se comprueban mediante las pruebas de “Cinta de Barro” y “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”, así mismo, no debe de contener material orgánico y la resistencia debe de cumplir las siguientes especificaciones:(Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)

- Ensayos de resistencia a compresión. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)
- Ensayos de resistencia a tracción. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)
- El Agua, debe de cumplir las siguientes especificaciones:
- No debe de contener materia orgánica, sales ni sólidos en suspensión. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)
- Libre de componentes químicos dañinos. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)
- En caso de hacer uso de agua de mar, este debe de tener la certificación y autorización por parte del ingeniero proyectista. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)

2.3. Marco conceptual

1. **Adobe:** Unidad de tierra cruda, a la cual se le añade distintos aditivos naturales para incrementar las propiedades de resistencia y durabilidad. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)
2. **Aditivos naturales:** Materiales adicionales que ayudan a controlar la presencia de fisuras al momento del proceso de secado. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)
3. **Ichu:** También denominado “ichu” o “paja”, es una planta gramínea que crece en la zona puna, con propiedades de resistencia a la tracción. (Diccionario de La Lengua Española, 2021)
4. **Cabuya:** Planta de la cual se extrae sus fibras para la elaboración de una buena capacidad de resistencia. (Alegsa, 2020)



5. **Adobe Reforzado:** Adobe constituido por materiales de alta capacidad de tracción, con los cuales se controla los desplazamientos y evita las fisuras estructurales. Cuyo principal requisito es la compatibilidad con el adobe; es decir, que no lo dañen. (Norma Técnica Peruana E.080 Diseño y Construcción Con Tierra Reforzada, 2020)
6. **Desgaste a la erosión (SAET):** Fenómeno en el cual se pierde el material debido a la aplicación de impactos tanto de partículas sólidas como líquidas. (Otero, 2017)
7. **Propiedades mecánicas:** Propiedades que afectan la resistencia mecánica al producir la aplicación de una fuerza externa. Es la capacidad de resistir y transmitir deformaciones. (Infinitia Industrial Consulting, 2021)
8. **Propiedades físicas:** Propiedades que se mantienen, ya que no se afecta la estructura interna (Masa, Peso, Volumen y Densidad). (Camargo & Cantador, 2016)

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

El uso de fibra de cabuya, en reemplazo del ichu en peso, mejorará significativamente las propiedades físico-mecánicas del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián.

2.4.2. Hipótesis Específicas

H1: El peso específico del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián se reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya.

H2: El porcentaje de absorción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián se reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya.

H3: La succión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián se reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya.

H4: El desgaste por erosión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián se reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya.

H5: El uso de la fibra de cabuya, en reemplazo del ichu en peso, aumentará la resistencia a la compresión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián.



H6: El uso de la fibra de cabuya, en reemplazo del ichu en peso, aumentará la resistencia a la tracción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián

2.5. Variables

2.5.1. Identificación de variables

2.5.1.1. Variable Independiente

Reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya

D1: Porcentaje de reemplazo

- I1: 0% - 0.00gr
- I2: 25% - 13.75gr
- I3: 50% - 27.50 gr
- I4: 75% - 41.25 gr
- I5: 100% - 55.00gr

2.5.1.2. Variable Dependiente

Propiedades físico-mecánicas del adobe

D1: Propiedades físicas

- I1: Peso específico (kg/cm³)
- I2: Absorción (%)
- I3: Succión (gr/min/200cm²)
- I4: Desgaste por erosión (cm)

D2: Propiedades mecánicas

- I1: Resistencia última a compresión (kgf/cm²)
- I2: Resistencia última a tracción (kgf/cm²)

2.5.1.3. Variable interviniente

- I1: Composición del suelo (%)



2.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 5: Matriz de operacionalización de variables

| | VARIABLE | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | INSTRUMENTOS |
|---------------|---|---|--|---------------------------|---|--|
| INDEPENDIENTE | Reemplazo en peso , de ichu por fibra de cabuya | La cabuya es una planta muy abundante en los Andes que crece en forma silvestre o cultivada, esta planta pertenece a la familia de las Agaváceas y su parte vegetativa puede llegar a medir hasta 1.5m. (López Daza & Torbisco Ascue, 2020) | Se utilizara una balanza para pesar el ichu y la fibra de cabuya de 10 cm de longitud , de manera que al mezclar ambos materiales el porcentaje de reemplazo en peso , de ichu por fibra de cabuya , sean los siguientes : 0% (0.00 gr) , 25% (13.75gr) , 50% (27.50gr) , 75% (41.25gr) y 100% (55gr) | D1: Dosificación | I1: 0% = 0.00 gr | Balanza de medicion |
| | | | | | I2: 25% = 13.75gr | |
| | | | | | I3: 50% = 27.50gr | |
| | | | | | I4: 75% = 41.25gr | |
| | | | | | I5: 100% = 55gr | |
| DEPENDIENTE | Propiedades fisico - mecanicas del adobe | Los adobes son bloques de tierra cruda al cual se le adicionan diferentes tipos de fibras naturales con la finalidad de aumentar de manera significativa las propiedades físico-mecánicas (Ticona Apaza, 2020) | se debera verificar que el barro no supere el 20% de la cantidad de humedad . Una vez que los adobes hayan secado , estos seran sometidos a ensayos en laboratorio para determinar sus propiedades fisico - Mecanicas . | D1: Propiedades físicas | I1: Peso Especifico (kg/m3) | NTP 399.613 |
| | | | | | I2: Absorción (%) | NTP 399.614 |
| | | | | | I3: Succión (gr/min/200cm2) | NTP 399.615 |
| | | | | | I4: Desgaste por Erosion acelerada (cm) | UNE 41410 |
| | | | | D2: Propiedades mecánicas | I1: Resistencia a la compresión (kg/cm2) | NTP 399.613 |
| | | | | | I2: Resistencia a la tracción (kg/cm2) | NCh 1038 |
| INTERVINIENTE | Composicion del suelo | Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. (INECC, 2018) | Se determinará la composición del suelo en base a la granulometría, con lo cual se tendrá el porcentaje de finos, gruesos, finalmente se describirá también en gramos. | D1: Composicion | I1 : Arcilla (%) | Balanza de medicion(verificar si esta bien) |
| | | | | | I2: Limo (%) | |
| | | | | | I3: Arena (%) | |

Fuente: Elaboración propia



3. Capítulo III: Método

3.1. Alcance del Estudio

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque Cuantitativo donde se caracteriza por recopilar y analizar datos cuantificables sobre las variables, además que esta metodología nos permite estudiar la relación entre las variables. (Gallardo, 2017)

De acuerdo a esta definición la presente investigación tendrá un enfoque cuantitativo ya que se tiene como objetivo cuantificar las propiedades físico-mecánicas del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya.

Estas mediciones se llevarán a cabo en el laboratorio por medio de ensayos normalizados y los resultados obtenidos se utilizarán para evaluar las variaciones que produce la fibra de cabuya en las propiedades físicas (peso específico, absorción, succión, desgaste) y propiedades mecánicas (resistencia a la compresión, resistencia a la tracción) de los adobes ensayados para determinar el porcentaje de reemplazo óptimo de fibra de cabuya por ichu.

3.1.2. Nivel de la investigación

La investigación de nivel correlacional se caracteriza por medir dos variables, entiende y evalúa la relación estadística entre ellas sin influencia de ninguna variable extraña. (Hernández et al., 2014)

Correlacional ya que busca influenciar las magnitudes de las propiedades físicas y mecánicas de los adobes con reemplazo en peso de ichu por fibra de cabuya. En este sentido la presente investigación se ubica en el nivel correlacional ya que el objetivo se centrará en medir las propiedades físicas y mecánicas de los adobes producidos en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián con reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya. Estas mediciones se realizarán al reemplazar el ichu por fibra de cabuya en los siguientes porcentajes: 0%, 25%, 50%, 75% y 100%. La cabuya o también conocido como maguey se encuentra en abundancia en la zona de Tancarpatá en el distrito de San Sebastián, lo cual facilita su extracción y transporte.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Diseño metodológico

El diseño cuasiexperimental se caracteriza por la manipulación de una o más variables independientes para observar su efecto sobre las variables dependientes, para lo cual se tienen que agrupar a los individuos u objetos en estudio en dos grupos, el grupo control y el grupo



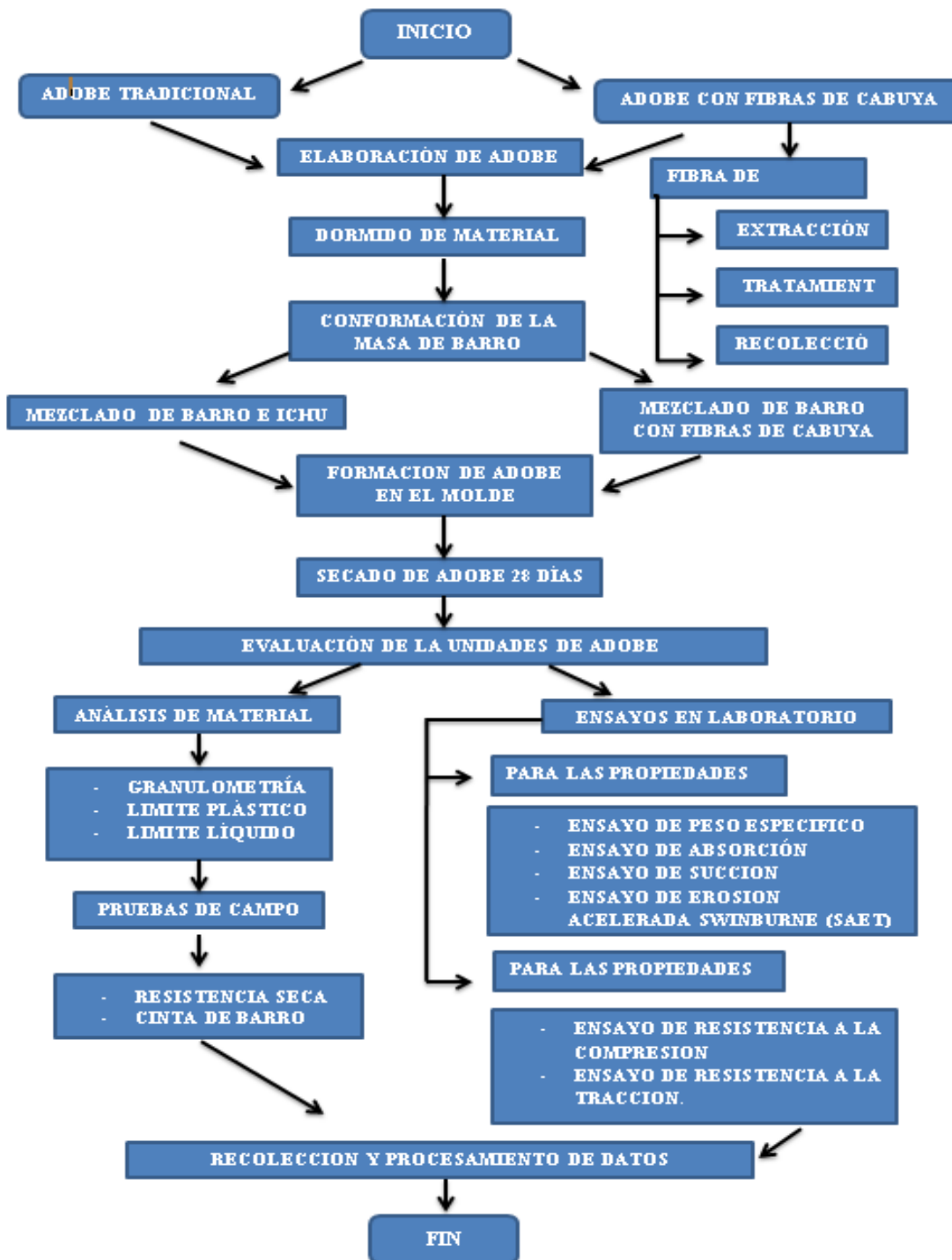
experimental. Pero estos grupos no son conformados al azar y además en este tipo de diseños no se tiene un control total sobre todos los factores que pudieran alterar los resultados. (Arias, 2012)

Entonces la presente investigación tendrá un diseño cuasiexperimental ya que se evaluará la influencia de la fibra de cabuya sobre las propiedades físicas y mecánicas del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián al reemplazar un porcentaje del ichu en peso.



3.2.2. Diseño de ingeniería

Figura 30: Esquema de diseño de ingeniería



Fuente: Elaboración propia



3.3. Población

3.3.1. Descripción de la población

La población de estudio tiende a infinito, ya que, al poseer 125 unidades muestrales, sobrepasamos las 40 unidades muestrales base, con lo cual se define que se pueden incluir más unidades muestrales, las cuales se podrían llevar a cabo siempre y cuando se constante con los recursos económicos y de tiempo, con lo cual incrementa y garantizará los resultados obtenidos.

3.3.2. Cuantificación de la población

Nuestra población de estudio está conformada por 125 unidades de adobe, haciendo uso de la cabuya en reemplazo de la paja como elemento estabilizante.

3.4. Muestra

3.4.1. Descripción de la muestra

La muestra de nuestro proyecto de investigación, fue la propuesta de 125 muestras para el reemplazo de ichu por fibra de cabuya en diferentes proporciones. Ya que el material muestra mejores características mecánicas que influyen positivamente en el comportamiento estructural del adobe.

Este adobe cuenta con dimensiones de 40 cm x 20 cm x 10 cm y 20 cm x 20 cm x 10 cm que fueron sometidos a ensayos de compresión, tracción, succión entre otros. de ese mismo modo se buscó definir las propiedades físicas y mecánicas del adobe convencional y el adobe con reemplazo de fibra de cabuya.

3.4.2. Cuantificación de la muestra

El total de las muestras se limitó a 125 unidades de adobes fabricados tradicionalmente y con sustitución de ichu por fibra de cabuya en el distrito de San Sebastián del Cusco

La muestra está conformada por 125 unidades de adobe fue dividida en 5 grupos, 1 grupo control (no hay reemplazo de ichu por fibra de cabuya) y 4 grupos experimentales (existe reemplazo de ichu por fibra de cabuya), donde cada uno de ellos constará de 25 unidades, tal como se observa en la Tabla 7. En proporciones de 0%, 25%, 50%, 75% y 100 %. La dimensión tendrá las siguientes dimensiones: largo 40 cm, ancho 20 cm y alto de 10 cm y largo 20 cm, ancho 20 cm y alto de 10 cm, lo cual está dentro de las dimensiones otorgadas por la Norma E 0.80.



3.4.2.1. Confiabilidad y margen de error estadístico del tamaño de muestra

Para determinar el margen de error de nuestro tamaño de muestra, consideraremos una confiabilidad al 95%, una probabilidad de ocurrencia y de no ocurrencia del evento de 0.5. aplicaremos para ello la siguiente ecuación.

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2(p)(q)}{e^2}$$

Donde:

Z_{α}^2 = *parámetro estadístico que depende de la confiabilidad*

p = *probabilidad de ocurrencia del evento*

q = *probabilidad de no ocurrencia del evento*

e = *margen de error del tamaño de muestra*

Primero definiremos el valor de Z, siendo este para un $\alpha = 1 - \text{Confiabilidad} = 1 - 0.95 = 0.05$

Hacemos uso de la tabla de distribución normal

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{0.05}{2} = 0.975$$

Con ello poseemos un valor de $Z = 1.96$

Haciendo uso de la ecuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2(p)(q)}{e^2}$$

$$125 = \frac{1.96^2(0.5)(0.5)}{e^2}$$

$$e = \sqrt{\frac{1.96^2(0.5)(0.5)}{125}}$$

$$e = 0.0877$$

$$e = 8.77\%$$

Entonces tenemos una confiabilidad del 95% y un margen de error de 8.77%



Tabla 6: Cuantificación de la muestra

| Prueba o Ensayo | Cantidad de unidades según el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya | | | | |
|---------------------------------|--|-----|-----|-----|------|
| | 0% | 25% | 50% | 75% | 100% |
| Desgaste por erosión | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Peso específico y Absorción | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Succión | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| Resistencia última a compresión | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Resistencia última a tracción | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| Muestra | 125 unidades de adobe | | | | |

Fuente: Elaboración propia Método de muestras

De acuerdo con, (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014) el método a seguir es NO PROBABILÍSTICO por que la muestra y la población coinciden en valor numérico, eso quiero decir que los elementos no serán seleccionados al azar sino más bien deben cumplir criterios con su nueva composición.

3.4.3. Criterio de evaluación de la muestra

Para la evaluación de la muestra se cumple las siguientes normas según corresponde

Tabla 7: Normativa de ensayos

| Criterio de evaluación de muestras por normativa | |
|--|---|
| PRUEBAS DE LABORATORIO | NORMATIVA PARA LA EVALUACION DE LAS MUESTRAS |
| Procesos de recolección de muestras y elaboración de adobe | E-080 Diseño y construcción de tierra reforzada |
| Limites líquido y plástico | NTP 399.129 |
| Absorción | NTP 399.613 |
| Succión | NTP 399.613 |
| Desgaste | UNE 41410 |
| Resistencia a la tracción | NCh 1038 |
| Resistencia a la compresión | NTP 399.613 |

Fuente: Elaboración propia

3.4.4. Criterio de inclusión técnica

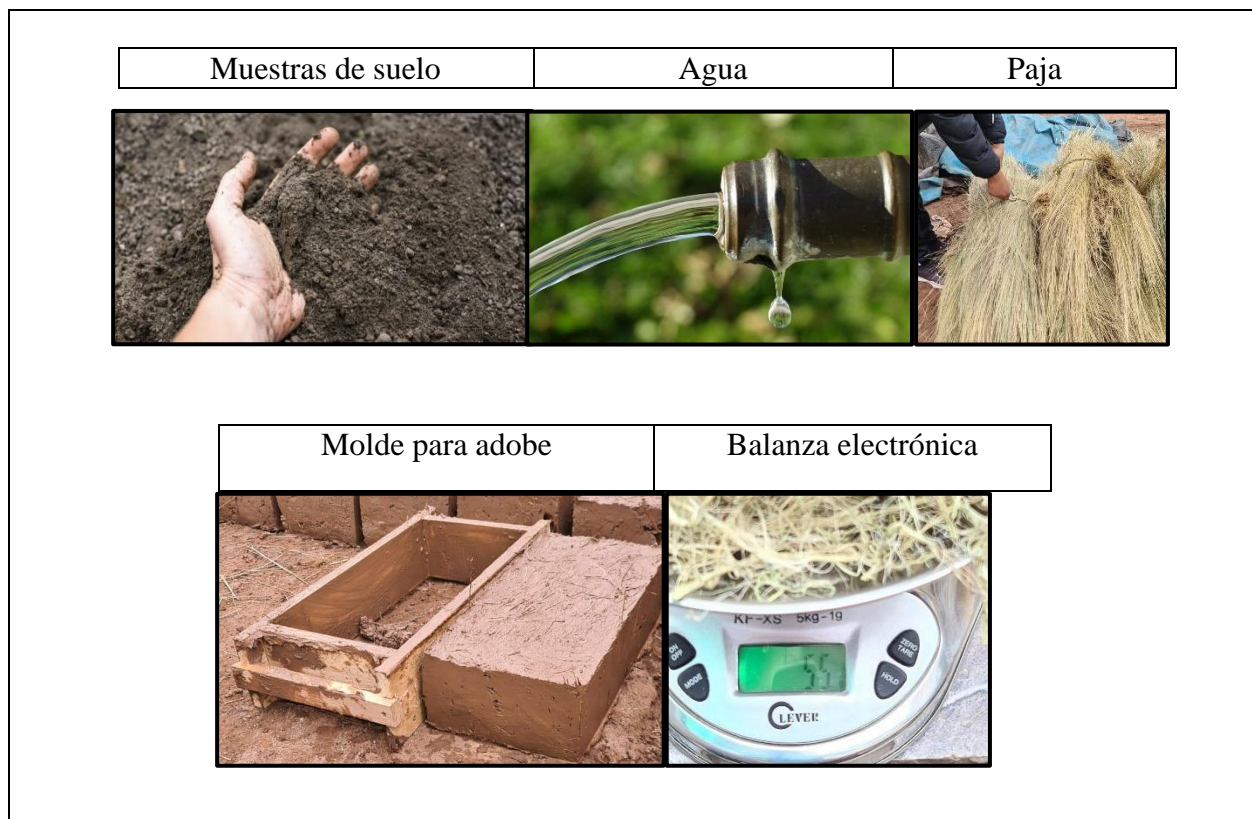
- El muestreo de la unidad de adobe fue elaborado según la norma E – 080.
- Nuestras unidades de adobe fueron elaboradas con un molde de madera (adobera) para dimensiones de 40 cm x 20 cm x 10 cm y 20cm x 20cm x 10cm.
- Los elementos de la muestra fueron reemplazados con fibra de cabuya de la zona local en porcentaje de 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.
- Para la elaboración de los elementos muestrales (adobes) se usó agua potable.
- Los elementos de las muestras fueron estudiados con los ensayos de laboratorio a los 28 días desde el moldeado.

3.4.5. Preparación de muestras

3.4.5.1. Fabricación de adobe tradicional

3.4.5.1.1. Materiales

Figura 31: Materiales para elaboración del adobe



Fuente: Elaboración propia.



3.4.5.1.2. Procedimiento

- Para iniciar con la preparación de nuestras muestras de adobe se procedió a pesar el ichu, donde se utilizó 55 gr para cada muestra.
- Para la preparación de las muestras de tierra del adobe primero se identifica el material, posterior a esto se mezcla con agua y luego se realiza el pisado de la masa con la finalidad de homogeneizar la mezcla.
- Descansar la masa de barro por un periodo de 1 a 2 días.
- Posteriormente, se hace la mezcla del barro con agua, para el amasado con el ichu y trasladarlo al molde.
- Se vierte en el molde de adobe con medidas de 40cm x 20cm x 10cm y 20cm x 20cm x 10cm, a medida que se va colocando la muestra, el molde se remoja con agua para que pueda salir con facilidad la muestra.
- Pasado los 3 días de secado se realiza el parado del adobe para que tenga un secado uniforme y no tenga ninguna rajadura.
- Finalmente se deja secar durante 28 días.

Figura 32: Proceso de elaboración de adobe tradicional





Distribución de paja a la mezcla de barro



Colocación de barro en el molde



Secado de adobe tradicional



Parado de adobe a los 2 o 3 días

Fuente: Elaboración propia.

3.4.5.2. Fabricación de adobe con fibra de cabuya

3.4.5.2.1. Recolección y preparación de fibra de cabuya

- Para la recolección de la cabuya nos dirigimos a la localidad de Tancarpatá ubicado en el distrito de San Sebastián de la ciudad del Cusco, donde se extrajo 18 kilos de cabuya para la realización de los ensayos y pruebas respectivas de nuestro trabajo de investigación.
- Una vez recolectado el material, se procedió a remojar una semana la cabuya en agua hasta que la hoja quede blanda y de esta manera extraer la fibra con más facilidad, durante el proceso se tuvo mucho cuidado para lograr un resultado en el material sin imperfecciones y limpio de impurezas.



- Llegado a este punto se procedió a extender la fibra de cabuya a los rayos de sol durante un periodo de 5 A 7 DÍAS.
- Finalmente se obtuvo un resultado de 10 kilos de fibra de cabuya.

Figura 33: Proceso de recolección y elaboración de fibra de cabuya

| | |
|---|---|
|  <p>08750, Perú</p> <p>Latitude -13.557098678935695° Longitude -71.94620387510275°</p> <p>Local 10:53:32 a. m. Altitud 3447,84 metros GMT 03:53:32 p. m. jueves, 03-02-2022</p> <p>Corte de cabuya</p> |  <p>08750, Perú</p> <p>Latitude -13.557082462220292° Longitude -71.94621216640793°</p> <p>Local 10:54:04 a. m. Altitud 3451,3 metros GMT 03:54:04 p. m. jueves, 03-02-2022</p> <p>Corte de cabuya</p> |
|  <p>08750, Perú</p> <p>Latitude -13.55714175811792° Longitude -71.94628227419965°</p> <p>Local 11:02:41 a. m. Altitud 3451,29 metros GMT 04:02:41 p. m. jueves, 03-02-2022</p> <p>Cabuya cortada</p> |  <p>Remojado de cabuya por 7 días</p> |



3.4.5.3. Proceso de fabricación de adobe estabilizado con fibra de cabuya

3.4.5.3.1. Materiales

- Agua
- Molde para adobe
- Fibra de cabuya
- Balanza electrónica
- Muestra de suelo

3.4.5.3.2. Procedimiento

- Para iniciar con la preparación de nuestras muestras de adobe se procedió a pesar la cantidad de fibra de cabuya para sus diferentes porcentajes donde en el 25% se incorporó (13.75 gramos), en el 50% (27.5 gramos), en el 75% (41,25 gramos) y en el 100% (55 gramos), cabe resaltar que las fibras deben estar en una longitud de 10 a 12 cm.



- Para la preparación de las muestras de tierra del adobe primero se identifica el material, posterior a esto se mezcla con agua y luego se realiza el pisado de la masa con la finalidad de homogeneizar la mezcla.
- Descansar la masa de barro por un periodo de 1 a 2 días.
- Al día siguiente se procede a hacer el pisado de barro para que esté uniforme.
- Posteriormente se agrega la fibra de cabuya (10 a 12cm), mientras se pisa, hasta que sea una mezcla homogénea y se pueda distribuir en toda la masa de barro.
- Luego se remoja el molde de adobe para que no se adhiera, cuando se ponga la masa de barro al molde.
- Una vez vertida la masa de barro en el molde, se da la forma y se saca molde, para que seque a la intemperie 28 días, según la norma E0.80, para que podamos realizar los ensayos y pruebas de campo.
- A los 2 días según haya secado, se hace el parado de los adobes para evitar que se raje el adobe.

Figura 34: Elaboración de adobe con fibra de cabuya



Dormido de material



Pisado de barro



Distribución de paja a la mezcla de barro



Colocación de barro en el molde



Secado de adobe con Fibra de Cabuya



Parado de adobe a los 2 o 3 días

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas o métodos

Los métodos que se utilizaron en la investigación fueron:

- La observación directa e indirecta: Se registran los datos mediante la observación directa y utilización de sentidos, como el caso de selección de suelo apto para elaboración de adobe, así como la selección de ichu y fibra de cabuya.
- Análisis de laboratorio: se analizan las muestras en forma analítica e interpretativa para extraer resultados y formular conclusiones.

3.5.2. Instrumentos de recolección de datos

- Prueba de cinta de barro
- Prueba de resistencia seca



- Elaboración de adobe
- Encuesta

Fichas y guías de observación en laboratorio para el suelo

- Ensayo de muestra de suelo
- Ensayo de análisis granulométrico
- Ensayo de contenido de humedad
- Ensayo de límites de Atterberg

Guías para obtener ensayos físicos – mecánicos en laboratorio

- Ensayo de peso específico
- Ensayo de succión
- Ensayo de absorción
- Ensayo de desgaste a la erosión
- Ensayo de resistencia a la compresión
- Ensayo de resistencia a la tracción

3.6. Validez y confiabilidad de instrumentos

Para nuestra investigación se utilizó los siguientes materiales denominados como instrumentos de ingeniería.

- Juego de tamices
- Balanza
- Horno
- Regla metálica
- Varilla
- Bandejas
- Molde a adobe



- Equipo para ensayo de compresión
- Equipo para ensayo de tracción
- Equipo para ensayo de desgaste por erosión acelerada (SAET)

3.6.1. Ensayo de cinta de barro

3.6.1.1. Materiales

- Muestra de suelo
- Recipiente
- Wincha

3.6.1.2. Procedimiento

- Se inicia formando un rollo de 1.5 cm de diámetro con la tierra humedecida.
- Luego se forma una cinta de 4mm, aplastando con los dedos.
- Posteriormente suspendemos la cinta en el aire para poder medir la longitud del extremo que se rompa.

Figura 35: Procedimiento cinta de barro



Fuente: Elaboración propia

3.6.2. Formación de bola de barro (resistencia seca)

3.6.2.1. Materiales

- Muestra de suelo
- Recipiente

3.6.2.2. Procedimiento

- Humedecemos la tierra, para elaborar 4 bolitas de 3 cm de diámetro.
- Dejamos secar por 48 horas.
- Tratamos de romper con los dedos, aplastando con fuerza.

Figura 36: Procedimiento formación de bola de barro



Fuente: Elaboración propia

3.7. Plan de Análisis de datos

3.7.1. Ensayos de laboratorio

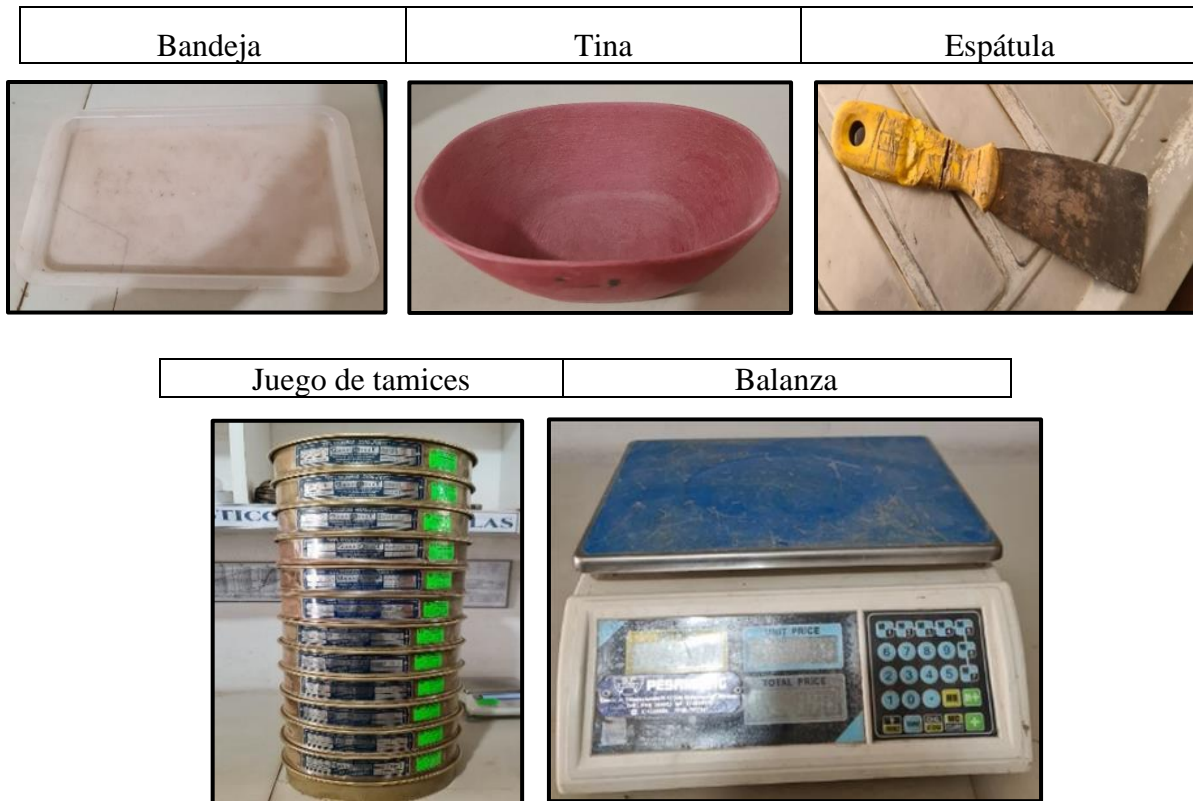
3.7.1.1. Muestras de suelo

3.7.1.1.1. Materiales

- Muestra de suelo
- Bandeja
- Espátula
- Juego de tamices
- Recipientes
- Balanza electrónica



Figura 37: Materiales de laboratorio



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.1.2. Procedimiento

Se llevó a laboratorio la cantidad de 5 kilos, sin embargo, para las pruebas fueron utilizadas 2 kilos las cuales fueron divididas en 4 partes iguales, seguidamente se hace la selección de 2 partes iguales para analizarlas y sacar una muestra homogénea para realizar la clasificación granulométrica y tipo de suelo.



Figura 38: Cuarteo muestras de suelo



Cuarteo del material

Elaboración: Fuente propia

3.7.1.1.3. Datos recopilados

Tabla 8: Recopilación de muestras

| Descripción | Cantidad (kg) |
|------------------|---------------|
| Muestra de suelo | 2 |

Elaboración: Fuente propia

3.7.1.2. Ensayo de límites de Atterberg

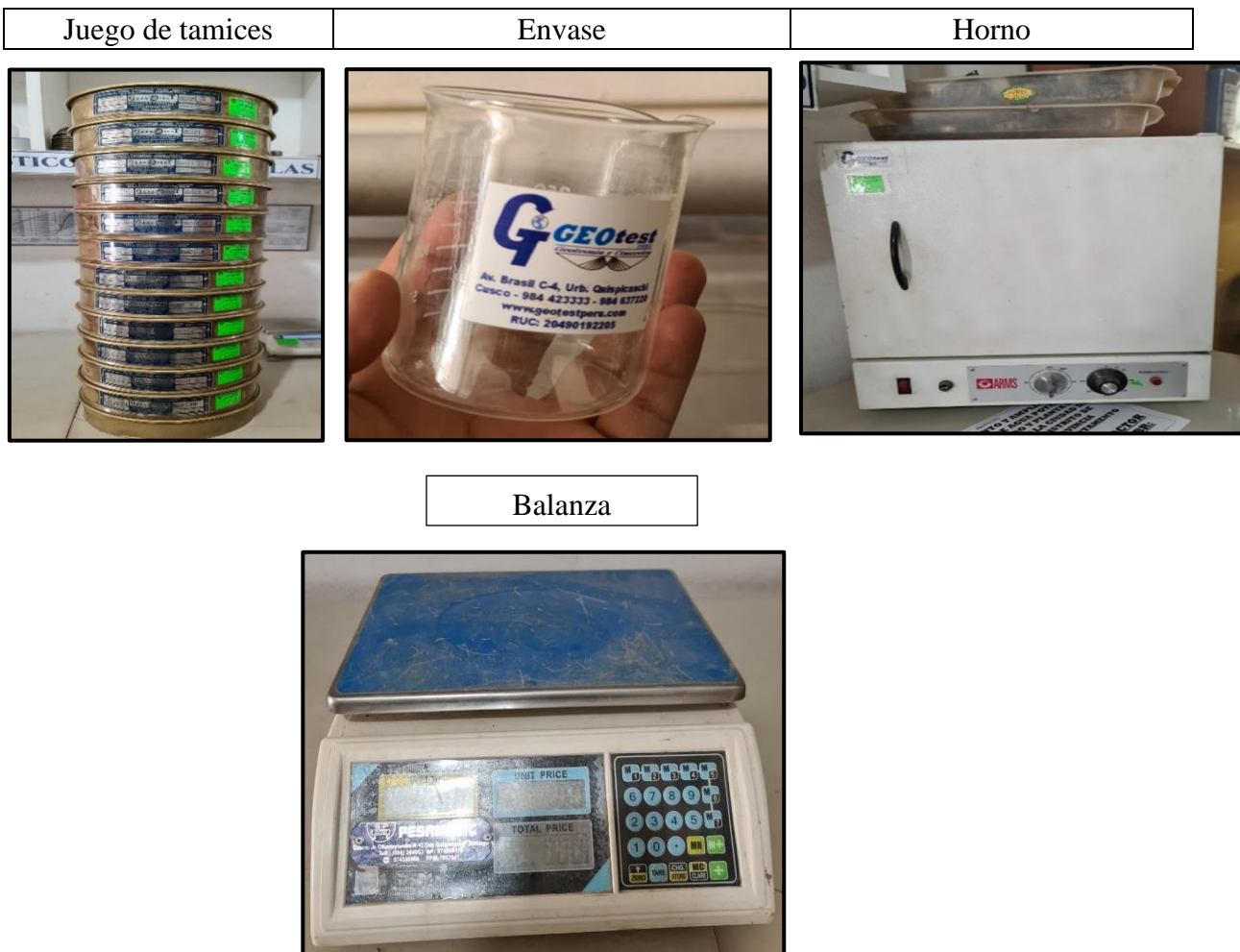
Fueron establecidos por Albert Atterberg En la actualidad solo hacemos uso del límite líquido y límite plástico. Estos parámetros nos ayudan a conocer la plasticidad del suelo. (Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad, 2005)

3.7.1.3. Prueba de laboratorio limite plástico

3.7.1.3.1. Materiales

- Tamiz n°4
- Envase
- Balanza electrónica
- Horno 110° C

Figura 39: Equipos de Límite líquido



Fuente: Elaboración propia

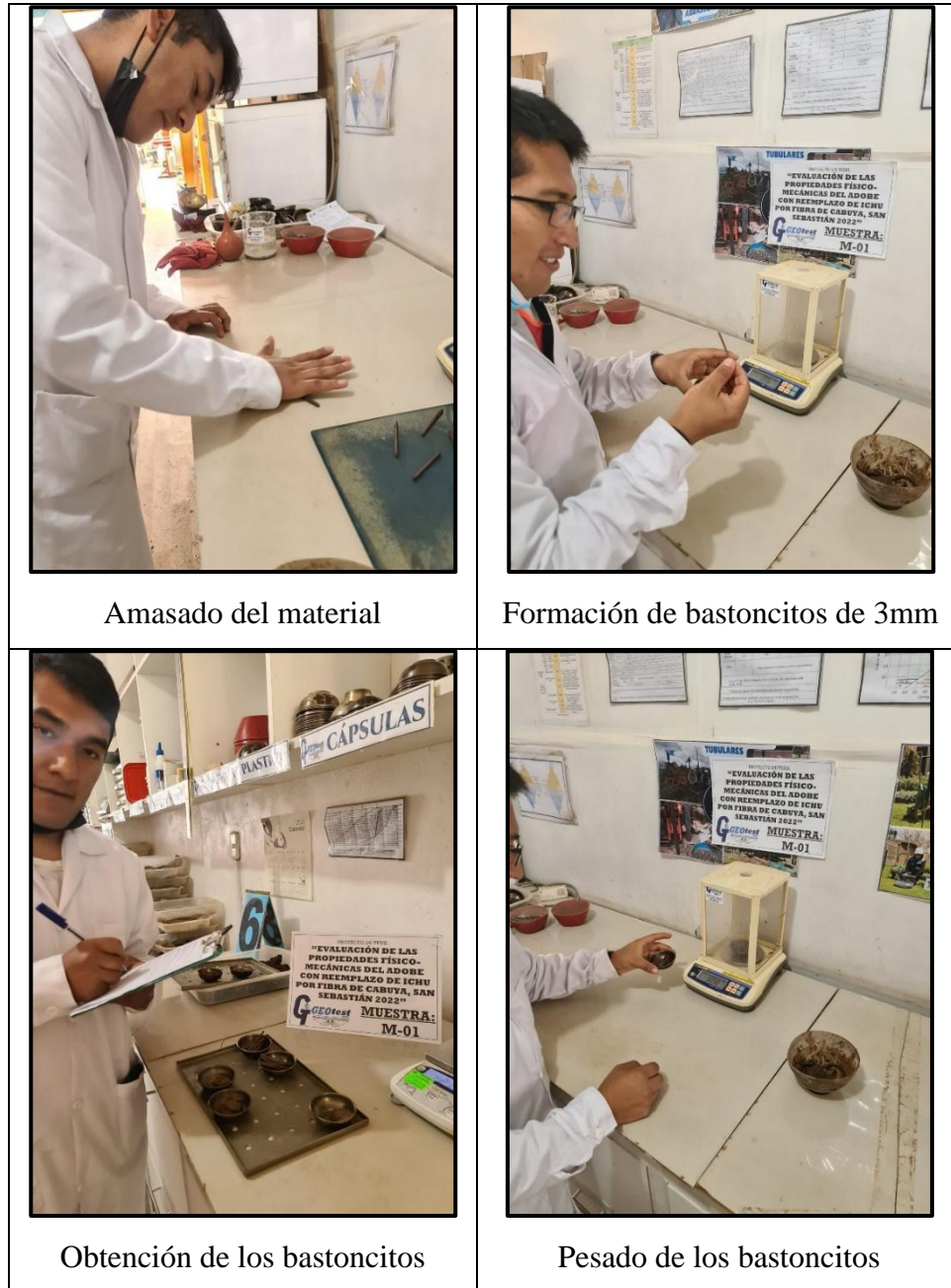
3.7.1.3.2. Procedimiento

- Usamos la pasta del material que quedó del límite líquido.
- Formamos una bolita de suelo de aproximadamente de 1cm^3 , para amasarla hasta obtener bastones de 3 mm de diámetro.
- Luego volvemos a formar la bolita de suelo, uniendo el material con mayor presión, luego amasamos hasta llegar al límite plástico.
- El límite plástico, corresponde al contenido de humedad, por tanto, los bastoncitos de 3 mm, se rompen en trozos de 0.5 a 1 cm de largo, para asegurar que se haber alcanzado el límite plástico.



- Luego se pesó inmediatamente los bastoncitos para la determinación del contenido de humedad.

Figura 40: Procedimiento límite plástico



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.4. Ensayo de laboratorio limite liquido

3.7.1.4.1. Materiales

- Tamiz n°4

- Probeta
- Balanza eléctrica
- Horno 100° C
- Cuchara Casagrande

Figura 41: Equipos de límite plástico



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.4.2. Procedimiento

- Para dar inicio al ensayo, se tiene que tener una pasta de suelo en la cápsula de porcelana, con la humedad un poco mayor a la del límite líquido.
- Para dar inicio a la determinación del límite líquido con la cuchara de Casagrande, se coloca de 50 a 70 gr del material ya listo en la cuchara, perfilando con la espátula hasta una altura de 1 cm.
- Luego con el acanalador se separa la muestra en dos partes de manera simétrica.

- Se procede a girar la manivela de la cuchara de Casagrande de manera uniforme con una velocidad de 2 revoluciones por segundo, hasta que el espacio entre muestras, se cierre en media pulgada.
- Finalmente se toma una muestra de 5 gr, de la parte donde se unieron las muestras para su pesado y la obtención de su contenido humedad.

Figura 42: Procedimiento límite líquido



Formación de la pasta del material

Colocado de la pasta en la cuchara



Dividimos con el acanalador el material



Pesado de las muestras

Giramos la manivela de la cuchara de Casagrande



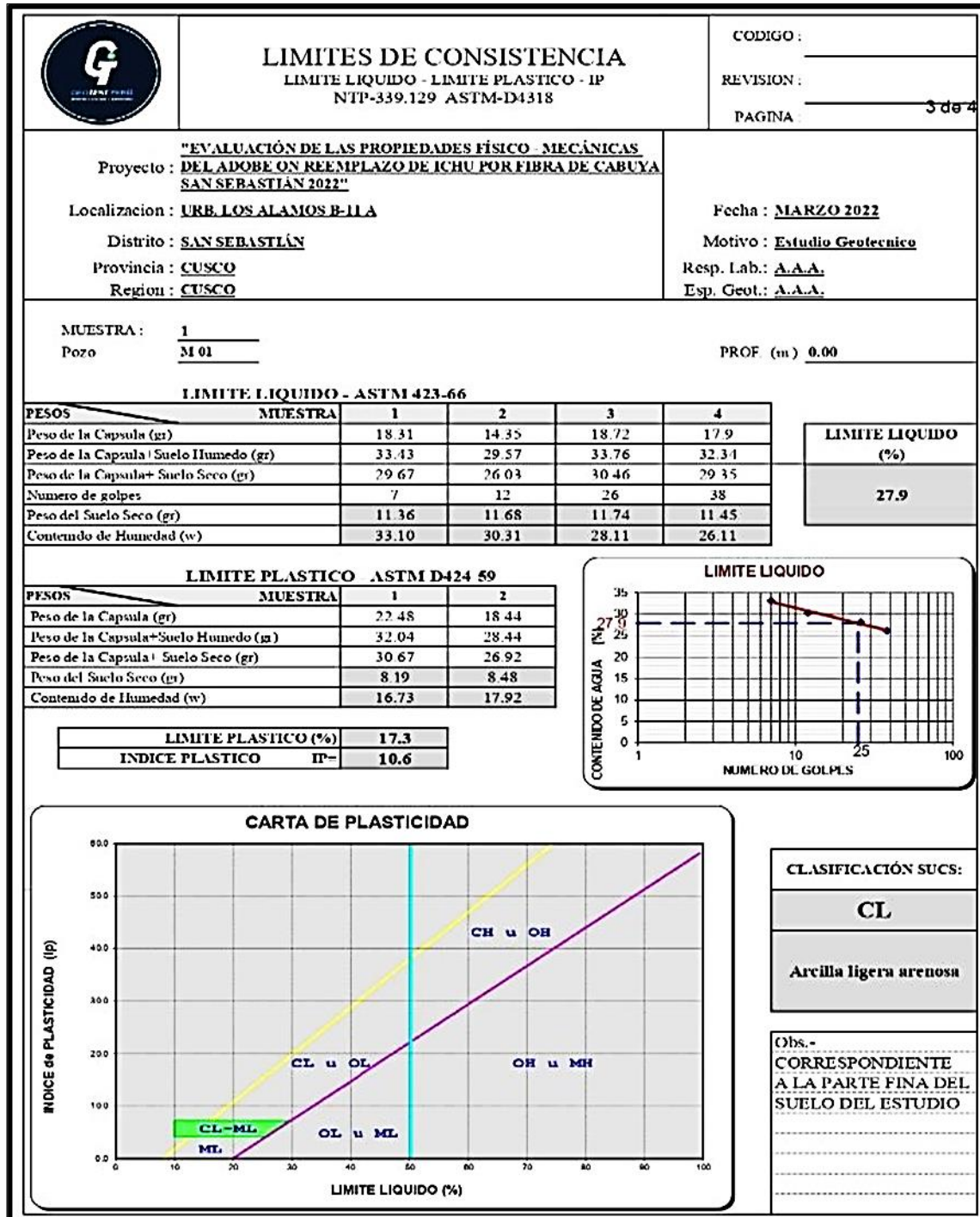
Secado de las muestras

Fuente: Elaboración propia



3.7.1.4.3. Datos procesados

Figura 43: Data procesada de límites de consistencia



Fuente: Elaboración propia

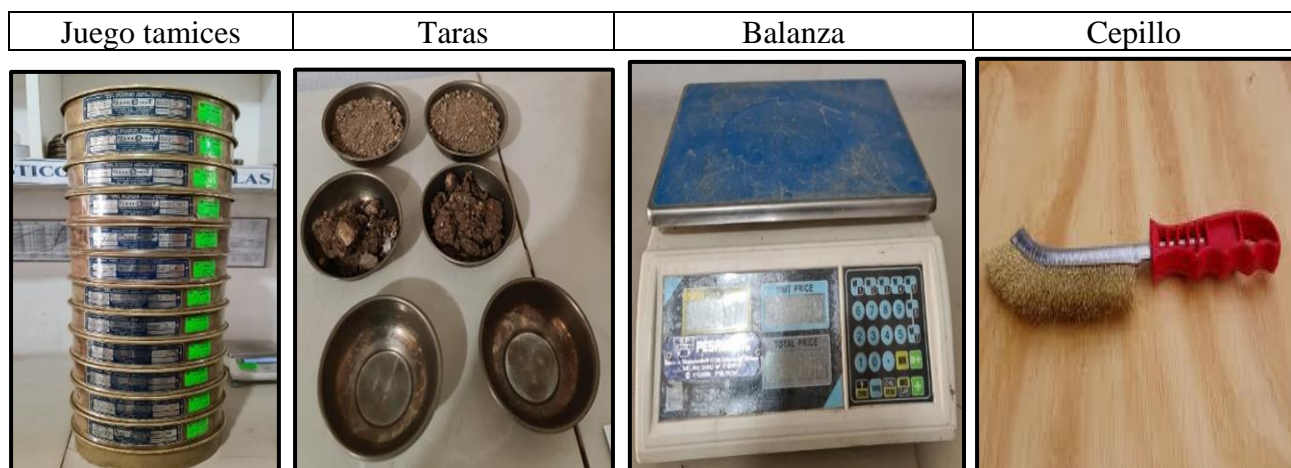
3.7.1.5. Análisis granulométrico

Es un ensayo cuyo objetivo principal consiste en determinar el tamaño de las partículas que constituyen el suelo, en función al peso total. (Análisis Granulométrico, 2017)

3.7.1.5.1. Materiales

- Juego de tamices ((3/4, 3/8, #4, #8, #16, #30, #50, #100, #200)
- Balanza electrónica
- Taras
- Brocha
- Cepillo metálico

Figura 44: Equipos granulometría



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.5.2. Procedimiento

- Se coloca el juego de tamices en forma descendente junto con la muestra de suelo, procedemos al tamizado del material.
- Retiramos los tamices.
- Se registran los pesos retenidos por cada número de tamiz en la balanza electrónica.



Figura 45: Procedimiento de análisis granulométrico



Cuarteo del material



Secado del material en el horno



Tamizado manual



Colado de material en recipientes



Pesado de las muestras retenidas



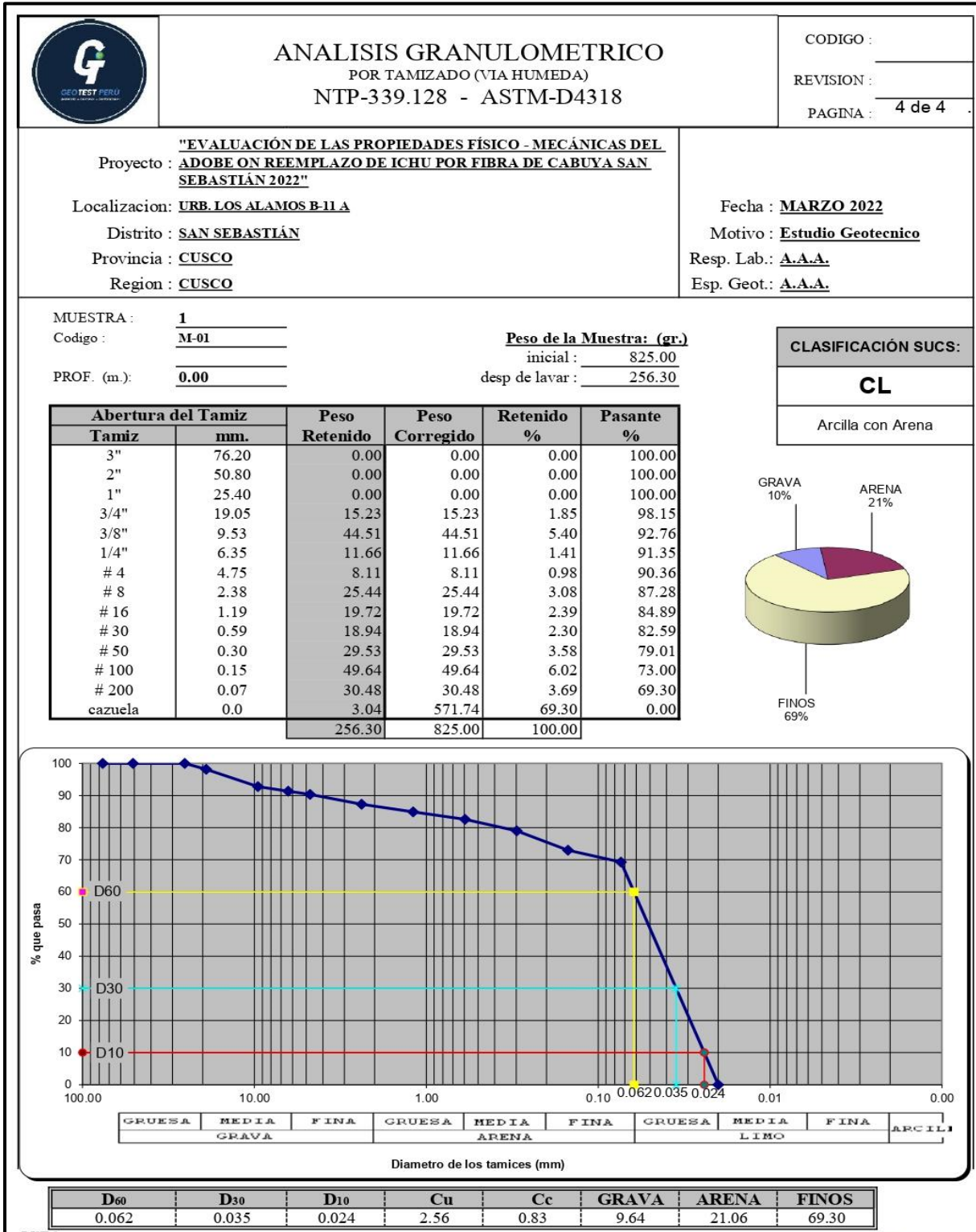
Muestras del tamizado

Fuente: Elaboración propia



3.7.1.5.3. Datos recopilados

Figura 46: Data procesada de análisis granulométrico



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.6. Ensayo de peso específico

Cantidad de masa afectada por la gravedad que posee un cuerpo por unidad de volumen.

Adobe tradicional y Adobe estabilizado con fibra de cabuya.

3.7.1.6.1. Materiales

- Balanza electrónica
- Perilla de goma
- Probeta
- Cápsulas
- Horno 110° C

Figura 47: Equipos de peso específico



Fuente: Elaboración propia

3.7.1.6.2. Procedimiento

- Pesamos la probeta vacía, posteriormente añadimos agua destilada en la probeta, con ayuda de la perilla de goma, eliminamos las burbujas de aire
- Se procede a mezclar la muestra de adobe con agua.
- Luego preparamos 6 cápsulas de volumen definido, procedemos a pesar todas nuestras muestras húmedas en la balanza electrónica.
- Antes de colocar en el horno se marca cada cápsula para su posterior reconocimiento.
- Finalmente se coloca en el horno a 110°C durante 24 horas. Pasadas las 24 horas se realizó el pesado de cada cápsula para su posterior análisis.

Figura 48: Procedimiento de ensayo de peso específico





Colocado en horno eléctrico



Ajuste de temperatura en horno por 24 hrs



Sacado de muestra en horno por 24 hrs




Toma de peso de muestras

Fuente: Elaboración propia.



3.7.1.6.3. Datos recopilados

Figura 49: Data procesada del ensayo de peso específico al 0%

|  | | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | | CODIGO : _____ REVISADO : _____ PAGINA : 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--|--|--|--|-----------------|--|--------|----------------------|--------|-----|-------------------------------|--------|-----|---------------------|--------|-----|-----------------------|------|-----|-----------------|------|-------|
| Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación : SAN SEBASTIÁN | | Fecha : Abril 2022 Resp. Lab.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 1 PESO ESPECIFICO AL 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PESO ESPECIFICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO GRUESO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>138.9</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>327.9</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>278</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>58.3</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>2.38</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | AGREGADO GRUESO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 138.9 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 327.9 | gr. | Peso (fiola + agua) | 278 | gr. | Volumen de la muestra | 58.3 | cm3 | Peso específico | 2.38 | g/cm3 |
| AGREGADO GRUESO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 138.9 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 327.9 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 278 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 58.3 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 2.38 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 2 PESO ESPECIFICO AL 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO FINO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>142.56</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>349.68</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>244.95</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>47</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>3.03</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | AGREGADO FINO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 142.56 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 349.68 | gr. | Peso (fiola + agua) | 244.95 | gr. | Volumen de la muestra | 47 | cm3 | Peso específico | 3.03 | g/cm3 |
| AGREGADO FINO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 142.56 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 349.68 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 244.95 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 47 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 3.03 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 3 PESO ESPECIFICO AL 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO FINO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>133.98</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>346.23</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>242.6</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>47</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>2.85</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | AGREGADO FINO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 133.98 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 346.23 | gr. | Peso (fiola + agua) | 242.6 | gr. | Volumen de la muestra | 47 | cm3 | Peso específico | 2.85 | g/cm3 |
| AGREGADO FINO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 133.98 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 346.23 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 242.6 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 47 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 2.85 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



| | | |
|---|--|---|
| | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | CODIGO : _____ REVISADO : _____ PAGINA : 1 |
| Proyecto : "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | Fecha : Abril 2022 Resp. Lab.: A.A.A. | |
| Ubicación : SAN SEBASTIÁN | | |

ENSAYO : **MUESTRA 4 PESO ESPECIFICO AL 0%** _____

PESO ESPECIFICO

| AGREGADO GRUESO | Unidad |
|-------------------------------|------------|
| Peso de Muestra Seca | 138.9 gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 327.9 gr. |
| Peso (fiola + agua) | 278 gr. |
| Volumen de la muestra | 58.3 cm3 |
| Peso especifico | 2.38 g/cm3 |

ENSAYO : **MUESTRA 5 PESO ESPECIFICO AL 0%** _____

GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | Unidad |
|-------------------------------|------------|
| Peso de Muestra Seca | 132.2 gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 307.59 gr. |
| Peso (fiola + agua) | 243.5 gr. |
| Volumen de la muestra | 47 cm3 |
| Peso especifico | 2.81 g/cm3 |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 50: Data procesada del ensayo de peso específico al 25%



| | | |
|-------------|---|--|
| | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | CODIGO : _____ |
| | | REVISADO : _____ |
| | | PAGINA : 1 |
| Proyecto : | "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | |
| Ubicación : | SAN SEBASTIÁN | Fecha : Abril 2022 Resp. Lab.: A.A.A. |

ENSAYO : **MUESTRA 1** **PESO ESPECIFICO AL 25%** _____

PESO ESPECIFICO

| AGREGADO GRUESO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 144.9 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 351.86 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 244.86 | gr. |
| Volumen de la muestra | 49 | cm3 |
| Peso especifico | 2.96 | g/cm3 |

ENSAYO : **MUESTRA 2** **PESO ESPECIFICO AL 25%** _____

GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 139.83 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 299.48 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 346.43 | gr. |
| Volumen de la muestra | 47 | cm3 |
| Peso especifico | 2.98 | g/cm3 |

ENSAYO : **MUESTRA 3** **PESO ESPECIFICO AL 25%** _____

GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 139.36 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 298.4 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 345.82 | gr. |
| Volumen de la muestra | 48 | cm3 |
| Peso especifico | 2.90 | g/cm3 |



| | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | | CODIGO : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------------------|---------------------------|-----------------|--|--------|----------------------|-------|-----|-------------------------------|-------|-----|---------------------|--------|-----|-----------------------|----|-----|-----------------|------|-------|
| | | | REVISADO : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | PAGINA : 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto : | "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación : | SAN SEBASTIÁN | Fecha : Abril 2022 | Resp. Lab.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : | MUESTRA 4 | PESO ESPECIFICO AL 25% | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PESO ESPECIFICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"><thead><tr><th>AGREGADO GRUESO</th><th></th><th>Unidad</th></tr></thead><tbody><tr><td>Peso de Muestra Seca</td><td>135.2</td><td>gr.</td></tr><tr><td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td><td>298.4</td><td>gr.</td></tr><tr><td>Peso (fiola + agua)</td><td>345.82</td><td>gr.</td></tr><tr><td>Volumen de la muestra</td><td>48</td><td>cm3</td></tr><tr><td>Peso especifico</td><td>2.82</td><td>g/cm3</td></tr></tbody></table> | | | | AGREGADO GRUESO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 135.2 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 298.4 | gr. | Peso (fiola + agua) | 345.82 | gr. | Volumen de la muestra | 48 | cm3 | Peso especifico | 2.82 | g/cm3 |
| AGREGADO GRUESO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 135.2 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 298.4 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 345.82 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 48 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso especifico | 2.82 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : | MUESTRA 5 | PESO ESPECIFICO AL 25% | _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"><thead><tr><th>AGREGADO FINO</th><th></th><th>Unidad</th></tr></thead><tbody><tr><td>Peso de Muestra Seca</td><td>142.2</td><td>gr.</td></tr><tr><td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td><td>299.6</td><td>gr.</td></tr><tr><td>Peso (fiola + agua)</td><td>312.2</td><td>gr.</td></tr><tr><td>Volumen de la muestra</td><td>45</td><td>cm3</td></tr><tr><td>Peso especifico</td><td>3.16</td><td>g/cm3</td></tr></tbody></table> | | | | AGREGADO FINO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 142.2 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 299.6 | gr. | Peso (fiola + agua) | 312.2 | gr. | Volumen de la muestra | 45 | cm3 | Peso especifico | 3.16 | g/cm3 |
| AGREGADO FINO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 142.2 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 299.6 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 312.2 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 45 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso especifico | 3.16 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 51: Data procesada del ensayo de peso específico al 50%



| | | |
|-------------|--|--|
| | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | CODIGO : _____ |
| | | REVISADO : _____ |
| | | PAGINA : 1 |
| Proyecto : | <u>"EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022"</u> | |
| Ubicación : | <u>SAN SEBASTIÁN</u> | Fecha : <u>Abril 2022</u> Resp. Lab.: <u>A.A.A.</u> |

ENSAYO : MUESTRA 1 PESO ESPECIFICO AL 50% _____

PESO ESPECIFICO

| AGREGADO GRUESO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 139.32 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 344.25 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 243.21 | gr. |
| Volumen de la muestra | 45 | cm3 |
| Peso especifico | 3.10 | g/cm3 |

ENSAYO : MUESTRA 2 PESO ESPECIFICO AL 50% _____

GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 142.56 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 349.68 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 244.95 | gr. |
| Volumen de la muestra | 47 | cm3 |
| Peso especifico | 3.03 | g/cm3 |

ENSAYO : MUESTRA 3 PESO ESPECIFICO AL 50% _____

GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 133.98 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 346.23 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 242.6 | gr. |
| Volumen de la muestra | 47 | cm3 |
| Peso especifico | 2.85 | g/cm3 |



| | | |
|---|--|---|
|  | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | CODIGO : _____ REVISADO : _____ PAGINA : 1 |
| Proyecto : "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | Fecha : Abril 2022 Resp. Lab.: A.A.A. |
| Ubicación : SAN SEBASTIÁN | | |

ENSAYO : **MUESTRA 4 PESO ESPECIFICO AL 50%** _____

PESO ESPECIFICO

| AGREGADO GRUESO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 139.8 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 329.23 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 250 | gr. |
| Volumen de la muestra | 45 | cm3 |
| Peso especifico | 3.11 | g/cm3 |

ENSAYO : **MUESTRA 5 PESO ESPECIFICO AL 50%** _____


GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|-------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 158.3 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 360.2 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 246.2 | gr. |
| Volumen de la muestra | 50 | cm3 |
| Peso especifico | 3.17 | g/cm3 |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 52: Data procesada del ensayo de peso específico al 75%

| | | |
|---|--|---|
|  | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | CODIGO : _____ REVISADO : _____ PAGINA : 1 |
| Proyecto : "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | Fecha : Abril 2022 Resp. Lab.: A.A.A. |
| Ubicación : SAN SEBASTIÁN | | |

ENSAYO : **MUESTRA 1 PESO ESPECIFICO AL 75%**

PESO ESPECIFICO

| AGREGADO GRUESO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 138.06 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 338.93 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 242.12 | gr. |
| Volumen de la muestra | 42 | cm3 |
| Peso específico | 3.29 | g/cm3 |

ENSAYO : **MUESTRA 2 PESO ESPECIFICO AL 75%**

GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 150.37 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 355.65 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 244.83 | gr. |
| Volumen de la muestra | 50 | cm3 |
| Peso específico | 3.01 | g/cm3 |

ENSAYO : **MUESTRA 3 PESO ESPECIFICO AL 75%**

GRAVEDAD ESPECIFICA

| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 141.16 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 348.45 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 243.09 | gr. |
| Volumen de la muestra | 48 | cm3 |
| Peso específico | 2.94 | g/cm3 |



| | | | |
|-------------|--|---------------------------|---------------------------|
| | ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | | CODIGO : _____ |
| | | | REVISADO : _____ |
| | | | PAGINA : 1 |
| Proyecto : | "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | |
| Ubicación : | SAN SEBASTIÁN | Fecha : Abril 2022 | Resp. Lab.: A.A.A. |

ENSAYO : **MUESTRA 4** **PESO ESPECIFICO AL 75%** _____

PESO ESPECIFICO

| AGREGADO GRUESO | | Unidad |
|-------------------------------|--------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 140.7 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 297.43 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 285.3 | gr. |
| Volumen de la muestra | 42 | cm3 |
| Peso especifico | 3.35 | g/cm3 |

ENSAYO : **MUESTRA 5** **PESO ESPECIFICO AL 75%** _____

GRAVEDAD ESPECIFICA


| AGREGADO FINO | | Unidad |
|-------------------------------|-------|--------|
| Peso de Muestra Seca | 148.2 | gr. |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 332.2 | gr. |
| Peso (fiola + agua) | 236 | gr. |
| Volumen de la muestra | 42 | cm3 |
| Peso especifico | 3.53 | g/cm3 |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 53: Data procesada del ensayo de peso específico al 100%

|  ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | | CODIGO : _____ REVISADO : _____ PAGINA : 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---|-----------------|--|--------|----------------------|--------|-----|-------------------------------|--------|-----|---------------------|--------|-----|-----------------------|----|-----|-----------------|------|-------|
| Proyecto : | "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación : | SAN SEBASTIÁN | Fecha : Abril 2022 Resp. Lab.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 1 PESO ESPECIFICO AL 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PESO ESPECIFICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO GRUESO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>145.48</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>303.23</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>352.28</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>49</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>2.97</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | AGREGADO GRUESO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 145.48 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 303.23 | gr. | Peso (fiola + agua) | 352.28 | gr. | Volumen de la muestra | 49 | cm3 | Peso específico | 2.97 | g/cm3 |
| AGREGADO GRUESO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 145.48 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 303.23 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 352.28 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 49 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 2.97 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 2 PESO ESPECIFICO AL 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO FINO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>144.18</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>298.96</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>347.48</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>49</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>2.94</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | AGREGADO FINO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 144.18 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 298.96 | gr. | Peso (fiola + agua) | 347.48 | gr. | Volumen de la muestra | 49 | cm3 | Peso específico | 2.94 | g/cm3 |
| AGREGADO FINO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 144.18 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 298.96 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 347.48 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 49 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 2.94 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 3 PESO ESPECIFICO AL 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO FINO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>156.94</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>356.69</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>242.36</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>52</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>3.02</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | AGREGADO FINO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 156.94 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 356.69 | gr. | Peso (fiola + agua) | 242.36 | gr. | Volumen de la muestra | 52 | cm3 | Peso específico | 3.02 | g/cm3 |
| AGREGADO FINO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 156.94 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 356.69 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 242.36 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 52 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 3.02 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

|  ENSAYO DE PESO ESPECIFICO NTP 400.021 | | CODIGO : _____ REVISADO : _____ PAGINA : 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|-----------------|--|--------|----------------------|-------|-----|-------------------------------|-------|-----|---------------------|-------|-----|-----------------------|----|-----|-----------------|------|-------|
| Proyecto : | "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación : | SAN SEBASTIÁN | Fecha : Abril 2022 Resp. Lab.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 4 PESO ESPECIFICO AL 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PESO ESPECIFICO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO GRUESO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>140.5</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>311.3</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>308.2</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>51</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>2.75</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | AGREGADO GRUESO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 140.5 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 311.3 | gr. | Peso (fiola + agua) | 308.2 | gr. | Volumen de la muestra | 51 | cm3 | Peso específico | 2.75 | g/cm3 |
| AGREGADO GRUESO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 140.5 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 311.3 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 308.2 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 51 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 2.75 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ENSAYO : MUESTRA 5 PESO ESPECIFICO AL 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| GRAVEDAD ESPECIFICA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>AGREGADO FINO</th> <th></th> <th>Unidad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso de Muestra Seca</td> <td>145.2</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola+muestra sss+agua)</td> <td>343.2</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Peso (fiola + agua)</td> <td>235.3</td> <td>gr.</td> </tr> <tr> <td>Volumen de la muestra</td> <td>23</td> <td>cm3</td> </tr> <tr> <td>Peso específico</td> <td>6.31</td> <td>g/cm3</td> </tr> </tbody> </table> | | | AGREGADO FINO | | Unidad | Peso de Muestra Seca | 145.2 | gr. | Peso (fiola+muestra sss+agua) | 343.2 | gr. | Peso (fiola + agua) | 235.3 | gr. | Volumen de la muestra | 23 | cm3 | Peso específico | 6.31 | g/cm3 |
| AGREGADO FINO | | Unidad | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso de Muestra Seca | 145.2 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola+muestra sss+agua) | 343.2 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso (fiola + agua) | 235.3 | gr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volumen de la muestra | 23 | cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso específico | 6.31 | g/cm3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

3.7.1.7. Ensayo de Absorción

Adobe tradicional y Adobe estabilizado con fibra de cabuya

3.7.1.7.1. Materiales

- Recipiente de plástico
- Agua
- Balanza Electrónica
- Vernier
- Horno

Figura 54: Equipos de absorción



Fuente: Elaboración propia.


3.7.1.7.2. Procedimiento

- Se tomó como referencia la norma NTP 399.613 para realizar dicho ensayo.
- Se tomó las medidas de cada una de las muestras.
- Se pesó cada unidad en la balanza electrónica.
- Se usaron 5 partes significativas de cada unidad de adobe que previamente fueron sometidas a un calor homogéneo durante 24 horas.
- Posteriormente se sometió al ensayo, sumergido en agua durante 24 horas
- Se seco con una franela y se procedió a pesar cada muestra ensayada.



3.7.1.7.3. Datos recopilados

Figura 55: Data procesada del ensayo de absorción al 0%

|  | ABSORCION NTP 399.604 y 399.613 | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|-------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|------|----------|-------|--------|------|
| | Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIAN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : CONTROL Resp. Lab.: C.S.T. Esp. Geot.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS ABSORCION AL 0% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIMEN</th> <th>PESO SECO</th> <th>PESO SATURADO</th> <th>ABSORCIÓN (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA 1</td> <td>96.07</td> <td>102.07</td> <td>6.25</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 2</td> <td>95.21</td> <td>103.64</td> <td>8.85</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 3</td> <td>93.24</td> <td>104.74</td> <td>12.33</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 4</td> <td>95.40</td> <td>104.35</td> <td>9.38</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 5</td> <td>95.51</td> <td>104.76</td> <td>9.68</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>95.09</td> <td>103.91</td> <td>9.30</td> </tr> </tbody> </table> | | | | ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | MUESTRA 1 | 96.07 | 102.07 | 6.25 | MUESTRA 2 | 95.21 | 103.64 | 8.85 | MUESTRA 3 | 93.24 | 104.74 | 12.33 | MUESTRA 4 | 95.40 | 104.35 | 9.38 | MUESTRA 5 | 95.51 | 104.76 | 9.68 | PROMEDIO | 95.09 | 103.91 | 9.30 |
| ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 1 | 96.07 | 102.07 | 6.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 2 | 95.21 | 103.64 | 8.85 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 3 | 93.24 | 104.74 | 12.33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 4 | 95.40 | 104.35 | 9.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 5 | 95.51 | 104.76 | 9.68 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 95.09 | 103.91 | 9.30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.


Figura 56: Data procesada del ensayo de absorción al 25%

|  | ABSORCION NTP 399.604 y 399.613 | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|-------|-----------|-------|--------|-------|-----------|-------|--------|-------|-----------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|------|
| | Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIAN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : CONTROL Resp. Lab.: C.S.T. Esp. Geot.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS ABSORCION AL 25% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIMEN</th> <th>PESO SECO</th> <th>PESO SATURADO</th> <th>ABSORCIÓN (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA 1</td> <td>95.02</td> <td>101.05</td> <td>6.35</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 2</td> <td>95.21</td> <td>104.74</td> <td>10.01</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 3</td> <td>92.69</td> <td>103.64</td> <td>11.81</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 4</td> <td>94.30</td> <td>104.50</td> <td>10.82</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 5</td> <td>94.45</td> <td>104.60</td> <td>10.75</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>94.33</td> <td>103.71</td> <td>9.95</td> </tr> </tbody> </table> | | | | ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | MUESTRA 1 | 95.02 | 101.05 | 6.35 | MUESTRA 2 | 95.21 | 104.74 | 10.01 | MUESTRA 3 | 92.69 | 103.64 | 11.81 | MUESTRA 4 | 94.30 | 104.50 | 10.82 | MUESTRA 5 | 94.45 | 104.60 | 10.75 | PROMEDIO | 94.33 | 103.71 | 9.95 |
| ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 1 | 95.02 | 101.05 | 6.35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 2 | 95.21 | 104.74 | 10.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 3 | 92.69 | 103.64 | 11.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 4 | 94.30 | 104.50 | 10.82 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 5 | 94.45 | 104.60 | 10.75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 94.33 | 103.71 | 9.95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.



Figura 57: Data procesada del ensayo de absorción al 50%

|  | ABSORCION NTP 399.604 y 399.613 | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|-----------|-------|-------|------|-----------|--------|--------|------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|-------|----------|-------|--------|------|
| | Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIAN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : CONTROL Resp. Lab.: C.S.T. Esp. Geot.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS ABSORCION AL 50% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIMEN</th> <th>PESO SECO</th> <th>PESO SATURADO</th> <th>ABSORCIÓN (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA 1</td> <td>91.65</td> <td>96.81</td> <td>5.63</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 2</td> <td>107.20</td> <td>110.82</td> <td>3.38</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 3</td> <td>98.24</td> <td>105.36</td> <td>7.25</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 4</td> <td>99.70</td> <td>106.58</td> <td>6.90</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 5</td> <td>97.50</td> <td>111.50</td> <td>14.36</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>98.86</td> <td>106.21</td> <td>7.50</td> </tr> </tbody> </table> | | | | ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | MUESTRA 1 | 91.65 | 96.81 | 5.63 | MUESTRA 2 | 107.20 | 110.82 | 3.38 | MUESTRA 3 | 98.24 | 105.36 | 7.25 | MUESTRA 4 | 99.70 | 106.58 | 6.90 | MUESTRA 5 | 97.50 | 111.50 | 14.36 | PROMEDIO | 98.86 | 106.21 | 7.50 |
| ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 1 | 91.65 | 96.81 | 5.63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 2 | 107.20 | 110.82 | 3.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 3 | 98.24 | 105.36 | 7.25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 4 | 99.70 | 106.58 | 6.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 5 | 97.50 | 111.50 | 14.36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 98.86 | 106.21 | 7.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 58: Data procesada del ensayo de absorción al 75%

|  | ABSORCION NTP 399.604 y 399.613 | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|--|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|-----------|--------|--------|------|-----------|-------|-------|------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|------|-----------|-------|--------|------|----------|-------|--------|------|
| | Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIAN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : CONTROL Resp. Lab.: C.S.T. Esp. Geot.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS ABSORCION AL 75% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIMEN</th> <th>PESO SECO</th> <th>PESO SATURADO</th> <th>ABSORCIÓN (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA 1</td> <td>101.99</td> <td>107.33</td> <td>5.24</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 2</td> <td>94.01</td> <td>99.69</td> <td>6.04</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 3</td> <td>94.41</td> <td>100.93</td> <td>6.91</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 4</td> <td>95.60</td> <td>102.30</td> <td>7.01</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 5</td> <td>95.80</td> <td>102.50</td> <td>6.99</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>96.36</td> <td>102.55</td> <td>6.44</td> </tr> </tbody> </table> | | | | ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | MUESTRA 1 | 101.99 | 107.33 | 5.24 | MUESTRA 2 | 94.01 | 99.69 | 6.04 | MUESTRA 3 | 94.41 | 100.93 | 6.91 | MUESTRA 4 | 95.60 | 102.30 | 7.01 | MUESTRA 5 | 95.80 | 102.50 | 6.99 | PROMEDIO | 96.36 | 102.55 | 6.44 |
| ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 1 | 101.99 | 107.33 | 5.24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 2 | 94.01 | 99.69 | 6.04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 3 | 94.41 | 100.93 | 6.91 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 4 | 95.60 | 102.30 | 7.01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 5 | 95.80 | 102.50 | 6.99 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 96.36 | 102.55 | 6.44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia.

Figura 59: Data procesada del ensayo de absorción al 100%

| | ABSORCION NTP 399.604 y 399.613 | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|-----------|--------|--------|------|-----------|-------|--------|------|-----------|--------|--------|------|-----------|--------|--------|------|-----------|--------|--------|------|----------|--------|--------|------|
| | Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIAN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : CONTROL Resp. Lab.: C.S.T. Esp. Geot.: A.A.A. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS ABSORCION AL 100% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>ESPECIMEN</th> <th>PESO SECO</th> <th>PESO SATURADO</th> <th>ABSORCIÓN (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MUESTRA 1</td> <td>103.17</td> <td>108.84</td> <td>5.50</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 2</td> <td>98.75</td> <td>103.32</td> <td>4.63</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 3</td> <td>109.26</td> <td>114.31</td> <td>4.62</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 4</td> <td>105.30</td> <td>110.50</td> <td>4.94</td> </tr> <tr> <td>MUESTRA 5</td> <td>102.56</td> <td>106.23</td> <td>3.58</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>103.81</td> <td>108.64</td> <td>4.65</td> </tr> </tbody> </table> | | | | ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | MUESTRA 1 | 103.17 | 108.84 | 5.50 | MUESTRA 2 | 98.75 | 103.32 | 4.63 | MUESTRA 3 | 109.26 | 114.31 | 4.62 | MUESTRA 4 | 105.30 | 110.50 | 4.94 | MUESTRA 5 | 102.56 | 106.23 | 3.58 | PROMEDIO | 103.81 | 108.64 | 4.65 |
| ESPECIMEN | PESO SECO | PESO SATURADO | ABSORCIÓN (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 1 | 103.17 | 108.84 | 5.50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 2 | 98.75 | 103.32 | 4.63 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 3 | 109.26 | 114.31 | 4.62 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 4 | 105.30 | 110.50 | 4.94 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MUESTRA 5 | 102.56 | 106.23 | 3.58 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PROMEDIO | 103.81 | 108.64 | 4.65 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración propia

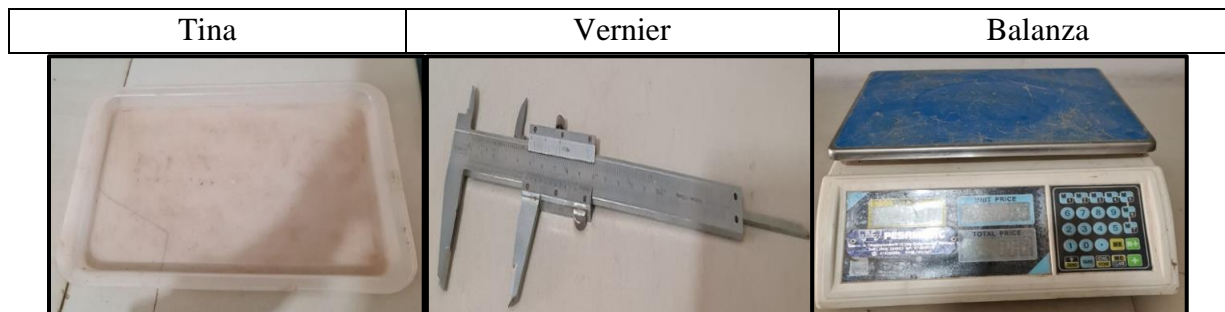
3.7.1.8. Ensayo de succión:

Es la medida de aidez de agua del adobe, esta es una característica de suma importancia ya que nos definirá la relación entre el mortero y el bloque respectivo. (Ensayo de Succión, 2017)

3.7.1.8.1. Materiales

- Recipiente
- Vernier
- Balanza electrónica

Figura 60: Equipos de absorción

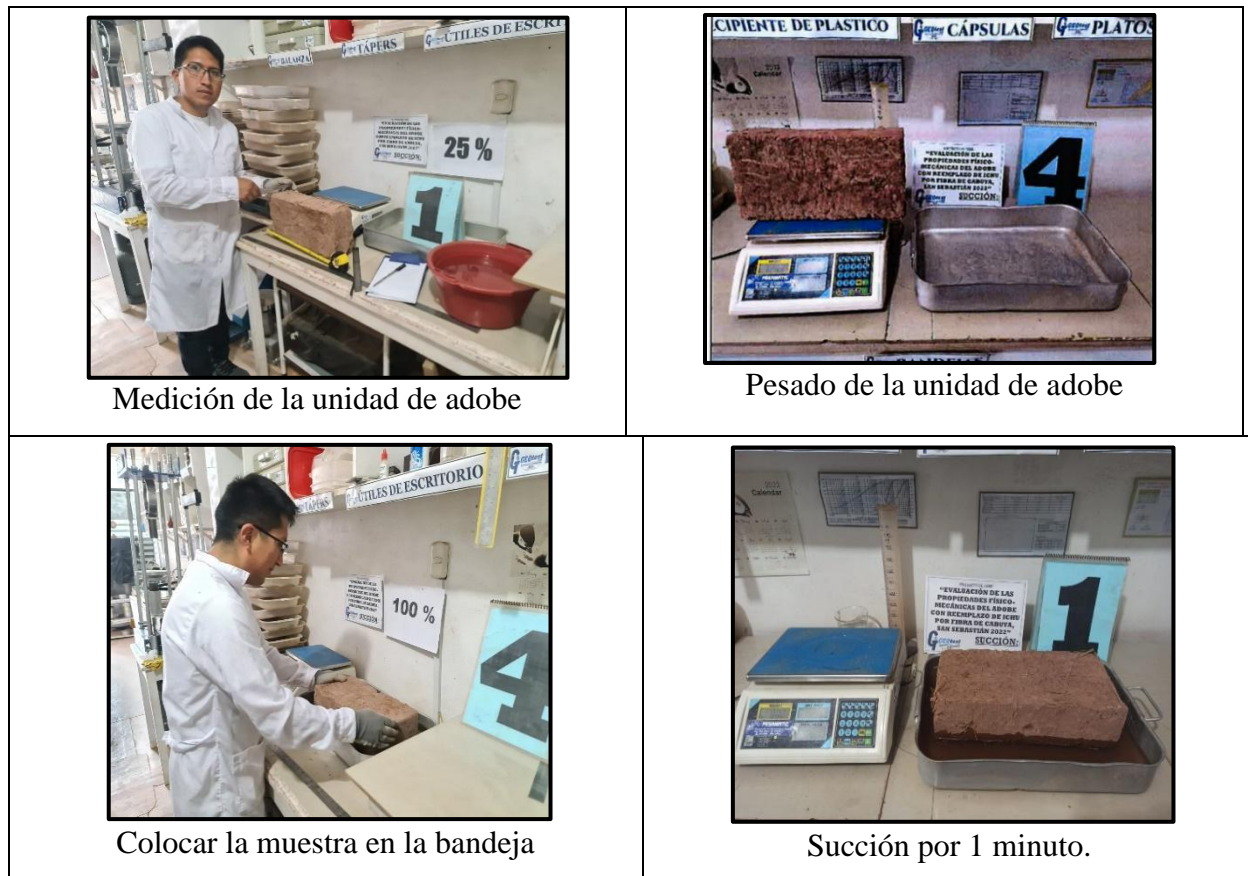


Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.8.2. Procedimiento

- Se procede a la medición y pesado de 5 unidades de adobe, largo, ancho y altura.
- Luego colocamos en una bandeja la muestra, para verter agua hasta una altura de 3mm durante 1 minuto.
- Finalmente realizamos el pesado de la muestra, para luego realizar el cálculo de succión ya con la muestra sumergida.

Figura 61: Procedimiento de ensayo de succión




Fuente: Elaboración propia




3.7.1.8.3. Datos recopilados

Figura 62: Data procesada del ensayo de succión al 0%

|  | | SUCCION NTP 399.604 y 399.613 | | | | | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | |
|--|------------------|----------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|--|---|--|
| | | | | | | | 1 de 1 | |
| Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIÁN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | | | | | | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : Resp. Lab.: A.A.A. Esp. Geot.: A.A.A. | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 05 ESPECIMENES DE ADOBE 3.-ENSAYOS REALIZADOS SUCCION 0% | | | | | | | | |
| SUCCION ADOBE | | | | | | | | |
| Especimen | Peso seco (gr) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Area (cm ²) | Tiempo de succion (min) | Peso con agua succionada (gr) | Succion (gr./min./200 cm ²) | |
| 1 | 12348 | 39.30 | 19.50 | 766.35 | 1.00 | 12751 | 105.17 | |
| 2 | 12535 | 39.50 | 19.80 | 782.10 | 1.00 | 12866 | 84.64 | |
| 3 | 12456 | 38.40 | 19.60 | 752.64 | 1.00 | 12753 | 78.92 | |
| 4 | 12365 | 38.60 | 19.50 | 752.70 | 1.00 | 12768 | 107.08 | |
| 5 | 12368 | 39.40 | 19.80 | 780.12 | 1.00 | 12869 | 128.44 | |
| PROMEDIO | 12414 | 39 | 20 | 767 | 1.00 | 12801 | 100.85 | |

Fuente: Elaboración propia


Figura 63: Data procesada del ensayo de succión al 25%

|  | | SUCCION NTP 399.604 y 399.613 | | | | | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | |
|--|------------------|----------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|--|---|--|
| | | | | | | | 1 de 1 | |
| Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIÁN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | | | | | | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : Resp. Lab.: A.A.A. Esp. Geot.: A.A.A. | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 05 ESPECIMENES DE ADOBE 3.-ENSAYOS REALIZADOS SUCCION 25% | | | | | | | | |
| SUCCION ADOBE | | | | | | | | |
| Especimen | Peso seco (gr) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Area (cm ²) | Tiempo de succion (min) | Peso con agua succionada (gr) | Succion (gr./min./200 cm ²) | |
| 1 | 13210 | 39.80 | 19.70 | 784.06 | 1.00 | 13509 | 76.27 | |
| 2 | 13256 | 39.10 | 19.80 | 774.18 | 1.00 | 13517 | 67.43 | |
| 3 | 13225 | 39.15 | 19.60 | 767.34 | 1.00 | 13510 | 74.28 | |
| 4 | 13307 | 39.20 | 19.70 | 772.24 | 1.00 | 13512 | 53.09 | |
| 5 | 13269 | 39.60 | 19.65 | 778.14 | 1.00 | 13515 | 63.23 | |
| PROMEDIO | 13253 | 39 | 20 | 775 | 1.00 | 13513 | 66.86 | |

Fuente: Elaboración propia




Figura 64: Data procesada del ensayo de succión al 50%

|  | | SUCCION NTP 399.604 y 399.613 | | | | | CODIGO : REVISION : FECHA : PAGINA : | |
|--|------------------|--|------------|-------------------------|-------------------------|--|---|--|
| Proyecto : "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | | | | | Fecha : ABRIL 2022 | | |
| Distrito : SAN SEBASTIÁN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | | | | | | Motivo : Resp. Lab.: A.A.A. Esp. Geot.: A.A.A. | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 05 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS SUCCION 50% | | | | | | | | |
| SUCCION ADOBE | | | | | | | | |
| Especimen | Peso seco (gr) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Area (cm ²) | Tiempo de succion (min) | Peso con agua succionada (gr) | Succion (gr./min./200 cm ²) | |
| 1 | 12665 | 39.50 | 19.20 | 758.40 | 1.00 | 12973 | 81.22 | |
| 2 | 12381 | 39.50 | 19.50 | 770.25 | 1.00 | 12574 | 50.11 | |
| 3 | 12425 | 39.60 | 19.25 | 762.30 | 1.00 | 12601 | 46.18 | |
| 4 | 12469 | 39.60 | 19.50 | 770.20 | 1.00 | 12689 | 57.13 | |
| 5 | 12390 | 39.50 | 19.30 | 768.50 | 1.00 | 12704 | 81.72 | |
| PROMEDIO | 12466 | 40 | 19 | 766 | 1.00 | 12708 | 63.27 | |

Fuente: Elaboración propia


Figura 65: Data procesada del ensayo de succión al 75%

|  | | SUCCION NTP 399.604 y 399.613 | | | | | CODIGO : REVISION : FECHA : PAGINA : | |
|--|------------------|--|------------|-------------------------|-------------------------|--|---|--|
| Proyecto : "EVALUCION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | | | | | Fecha : ABRIL 2022 | | |
| Distrito : SAN SEBASTIÁN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | | | | | | Motivo : Resp. Lab.: A.A.A. Esp. Geot.: A.A.A. | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 05 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS SUCCION 75% | | | | | | | | |
| SUCCION ADOBE | | | | | | | | |
| Especimen | Peso seco (gr) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Area (cm ²) | Tiempo de succion (min) | Peso con agua succionada (gr) | Succion (gr./min./200 cm ²) | |
| 1 | 12942 | 38.50 | 19.00 | 731.50 | 1.00 | 13090 | 40.46 | |
| 2 | 13219 | 38.80 | 19.00 | 737.20 | 1.00 | 13409 | 51.55 | |
| 3 | 13225 | 38.60 | 19.00 | 733.40 | 1.00 | 13405 | 49.09 | |
| 4 | 13224 | 38.40 | 19.00 | 729.60 | 1.00 | 13422 | 54.28 | |
| 5 | 13135 | 38.45 | 19.00 | 730.55 | 1.00 | 13425 | 79.39 | |
| PROMEDIO | 13149 | 39 | 19 | 732 | 1.00 | 13350 | 54.95 | |

Fuente: Elaboración propia



Figura 66: Data procesada del ensayo de succión al 100%

|  | | SUCCION NTP 399.604 y 399.613 | | | | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | |
|---|----------------|--|------------|-------------------------|--|---|---|
| Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | | | | Fecha : ABRIL 2022 | | |
| Distrito : SAN SEBASTIÁN Provincia : CUSCO Región : CUSCO | | | | | Motivo : _____ Resp. Lab.: A.A.A. Esp. Geot.: A.A.A. | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN | | | | | | | |
| DESCRIPCION: OS ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS SUCCION 100% | | | | | | | |
| SUCCION ADOBE | | | | | | | |
| Especimen | Peso seco (gr) | Largo (cm) | Ancho (cm) | Area (cm ²) | Tiempo de succion (min) | Peso con agua succionada (gr) | Succion (gr./min./200 cm ²) |
| 1 | 13078 | 38.20 | 19.00 | 725.80 | 1.00 | 13202 | 34.17 |
| 2 | 12896 | 38.30 | 19.00 | 727.70 | 1.00 | 13028 | 36.28 |
| 3 | 12905 | 38.20 | 19.00 | 726.50 | 1.00 | 13022 | 32.21 |
| 4 | 12765 | 38.15 | 20.00 | 728.40 | 1.00 | 13020 | 70.02 |
| 5 | 12938 | 38.25 | 20.00 | 727.60 | 1.00 | 13026 | 24.19 |
| PROMEDIO | 12916 | 38 | 19 | 727 | 1.00 | 13060 | 39.37 |

Fuente: Elaboración propia

3.7.1.9. Ensayo de erosión acelerada Swinburne (SAET)

Este ensayo consiste en determinar la resistencia a la erosión en las distintas cantidades de adobe tradicional y con fibras de cabuya, para lo cual primero se hizo la elaboración del equipo de SAET, con un mecánico especialista, de acuerdo a las medidas especificadas en la norma.

Prueba para adobe tradicional y adobe estabilizado con fibra de cabuya

3.7.1.9.1. Materiales

- Equipo de erosión acelerada
- Agua
- Transportador
- Manguera

Figura 67: Equipo de SAET



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.9.2. Procedimiento

- El ensayo se realizó acorde a la Norma Española UNE (41410, 2008) "Bloques de tierra para muros y tabiques "En la cual nos indica que se debe ensayar como mínimo 2 unidades de bloque con 28 días de edad".
- Se colocó la muestra de adobe en un ángulo de 27° horizontalmente.
- Se dejó caer agua con presión constante sobre la cara de la muestra por 10 minutos.
- Se procedió a medir con una regla metálica la profundidad de las oquedades de las muestras.



Figura 68: Procedimiento de SAET





3.7.1.9.3. Procesamiento de datos

Figura 69: Data recopilada de SAET

|  <p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL</p>  | | | | | | |
|--|------------|------------|-------------|--------------|---------------------|----------|
| Lugar: San Sebastián | | | | | | |
| Responsables: Bach. Juan Andre Lecaros M. , Bach. Oscar Alfredo Arotaipe G. | | | | | | |
| Ensayo de Erosión Acelerada Swinburne (SAET) | | | | | | |
| Norma Española UNE 41410 | | | | | | |
| Tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIÁN 2022 | | | | | | |
| % DE CABUYA | LARGO (cm) | ANCHO (cm) | ALTURA (cm) | TIEMPO (min) | MAXIMA OQUEDAD (cm) | PROMEDIO |
| 0% | 39.40 | 19.50 | 10.10 | 10.00 | 4.50 | |
| | 39.20 | 19.40 | 10.30 | 10.00 | 4.20 | |
| | 39.50 | 19.20 | 10.20 | 10.00 | 4.40 | |
| | | | | | | 4.37 |
| 25% | 39.00 | 19.10 | 10.30 | 10.00 | 2.00 | |
| | 39.50 | 19.70 | 9.90 | 10.00 | 1.60 | |
| | 39.10 | 19.60 | 9.98 | 10.00 | 1.70 | |
| | | | | | | 1.77 |
| 50% | 39.60 | 19.30 | 10.30 | 10.00 | 1.10 | |
| | 39.20 | 19.20 | 9.80 | 10.00 | 0.80 | |
| | 39.24 | 19.20 | 9.90 | 10.00 | 0.90 | |
| | | | | | | 0.93 |
| 75% | 38.20 | 19.80 | 10.20 | 10.00 | 0.70 | |
| | 39.50 | 19.50 | 9.70 | 10.00 | 0.50 | |
| | 39.50 | 19.60 | 10.10 | 10.00 | 0.60 | |
| | | | | | | 0.60 |
| 100% | 38.50 | 19.10 | 10.40 | 10.00 | 0.30 | |
| | 38.50 | 19.20 | 10.30 | 10.00 | 0.25 | |
| | 38.60 | 19.30 | 10.30 | 10.00 | 0.24 | |
| | | | | | | 0.26 |

Fuente: Elaboración propia

3.7.1.10. Ensayo en resistencia a la compresión

Consiste en la determinación de la capacidad de resistencia última a las fuerzas de compresión actuantes sobre el espécimen.

3.7.1.10.1. Materiales

- Equipo de compresión
- Láminas de neopreno
- Adobes tradicionales al 0%
- Adobe estabilizado con fibra de cabuya (25% 50% 75% 100%)
- Regla metálica
- Yeso

Figura 70: Equipo de compresión



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.10.2. Procedimiento

- Se tomó las dimensiones y peso de las muestras a ensayar

- Se procedió a uniformizar con una capa de yeso las caras que estarán en contacto con la máquina de resistencia a la compresión y se dejó secar por un día.
- Se colocó las planchas de neopreno en el equipo de resistencia a la compresión.
- Se procedió a colocar las unidades de adobe en el equipo para que sean sometidas a compresión.

Figura 71: Procedimiento del ensayo de resistencia a la compresión



medida de dimensiones de adobe



toma de peso de muestras a ensayar



uniformizado de caras de muestra



uniformizado de caras de adobe



colocado de planchas de neopreno



colocado de muestra en equipo



ensayo de rotura



muestra ensayada en el equipo

Fuente: Elaboración propia



3.7.1.10.3. Procesamiento de datos:

Figura 72: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 0%

| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Area cm ² | Volumen cm ³ | Carga en kg. | Resistencia (kg/cm ²) |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 19.50 | 19.00 | 9.60 | 370.5 | 3556.8 | 4640.00 | 12.52 |
| 2 | Muestra 2 | 20.10 | 19.30 | 9.60 | 387.93 | 3724.128 | 4620.00 | 11.91 |
| 3 | Muestra 3 | 19.60 | 19.70 | 10.00 | 386.12 | 3861.2 | 5470.00 | 14.17 |
| 4 | Muestra 4 | 19.80 | 19.50 | 9.70 | 386.1 | 3745.17 | 4730.00 | 12.25 |
| 5 | Muestra 5 | 19.70 | 19.60 | 9.80 | 386.12 | 3783.976 | 4680.00 | 12.12 |
| 6 | Muestra 6 | 19.50 | 19.30 | 9.70 | 376.35 | 3650.595 | 4790.00 | 12.73 |
| Prom: | | | | | | | | 12.62 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 73: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 25%

| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Area cm ² | Volumen cm ³ | Carga en kg. | Resistencia (kg/cm ²) |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 19.50 | 19.40 | 9.80 | 378.3 | 3707.34 | 5310.00 | 14.04 |
| 2 | Muestra 2 | 19.40 | 19.30 | 10.20 | 374.42 | 3819.084 | 4630.00 | 12.37 |
| 3 | Muestra 3 | 19.40 | 19.00 | 10.50 | 368.6 | 3870.3 | 4360.00 | 11.83 |
| 4 | Muestra 4 | 19.40 | 19.30 | 10.00 | 374.42 | 3744.2 | 4563.00 | 12.19 |
| 5 | Muestra 5 | 19.60 | 19.20 | 10.10 | 376.32 | 3800.832 | 4450.00 | 11.83 |
| 6 | Muestra 6 | 19.40 | 19.30 | 9.90 | 374.42 | 3706.758 | 5078.00 | 13.56 |
| Prom: | | | | | | | | 12.63 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 74: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 50%

| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Area cm ² | Volumen cm ³ | Carga en kg. | Resistencia (kg/cm ²) |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 19.10 | 20.00 | 9.50 | 382 | 3629 | 6890.00 | 18.04 |
| 2 | Muestra 2 | 19.20 | 20.00 | 9.50 | 384 | 3648 | 6850.00 | 17.84 |
| 3 | Muestra 3 | 19.90 | 20.00 | 9.50 | 398 | 3781 | 6750.00 | 16.96 |
| 4 | Muestra 4 | 20.00 | 20.00 | 9.50 | 400 | 3800 | 6820.00 | 17.05 |
| 5 | Muestra 5 | 19.80 | 20.00 | 9.50 | 396 | 3762 | 6790.00 | 17.15 |
| 6 | Muestra 6 | 19.50 | 20.00 | 9.50 | 390 | 3705 | 6895.00 | 17.68 |
| Prom: | | | | | | | | 17.45 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 75: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 75%

| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Area cm ² | Volumen cm ³ | Carga en kg. | Resistencia (kg/cm ²) |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|----------------------------|-----------------|--------------------------------------|
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 19.30 | 19.00 | 10.20 | 366.7 | 3740.34 | 8150.00 | 22.23 |
| 2 | Muestra 2 | 19.20 | 19.10 | 10.10 | 366.72 | 3703.872 | 9520.00 | 25.96 |
| 3 | Muestra 3 | 19.40 | 19.40 | 10.00 | 376.36 | 3763.6 | 9010.00 | 23.94 |
| 4 | Muestra 4 | 20.00 | 19.30 | 10.10 | 386 | 3898.6 | 9740.00 | 25.23 |
| 5 | Muestra 5 | 19.80 | 19.20 | 10.20 | 380.16 | 3877.632 | 9650.00 | 25.38 |
| 6 | Muestra 6 | 19.50 | 19.30 | 10.10 | 376.35 | 3801.135 | 9680.00 | 25.72 |
| Prom: | | | | | | | | 24.74 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 76: Data procesada del ensayo de resistencia a la compresión al 100%

| RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE ADOBE E - 060 | | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | |
|---|-------------|---|---------------|--------------|-------------|----------------|-----------------|-------------------------|
| Proyecto : "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" | | Fecha : ABRIL 2022 | | | | | | |
| Distrito : SAN SEBASTIÁN | | Motivo : _____ | | | | | | |
| Provincia : CUSCO | | Resp. Lab.: A.A.A. | | | | | | |
| Región : CUSCO | | Esp. Geot.: A.A.A. | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN | | | | | | | | |
| DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE | | | | | | | | |
| 3.-ENSAYOS REALIZADOS COMPRESION SIMPLE AL 100% | | | | | | | | |
| Ítem. | Descripción | Dimensiones | | | Área cm2 | Volumen cm3 | Carga en Kg. | Resistencia (kg/cm2) |
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 19.60 | 19.20 | 9.80 | 376.32 | 3687.94 | 10390.00 | 27.61 |
| 2 | Muestra 2 | 19.20 | 18.20 | 11.00 | 349.44 | 3843.84 | 10152.92 | 26.98 |
| 3 | Muestra 3 | 19.30 | 19.10 | 10.00 | 368.63 | 3686.30 | 10205.61 | 27.12 |
| 4 | Muestra 4 | 19.40 | 19.00 | 10.20 | 368.60 | 3759.72 | 10303.45 | 27.38 |
| 5 | Muestra 5 | 19.50 | 19.30 | 10.50 | 376.35 | 3951.68 | 10540.53 | 28.01 |
| 6 | Muestra 6 | 19.60 | 19.20 | 10.60 | 376.32 | 3988.99 | 10164.21 | 27.01 |
| Prom: | | | | | | | | 27.35 |

Fuente: Elaboración propia

3.7.1.11. Ensayo de resistencia a la tracción

Este ensayo se realiza para definir la resistencia a las fuerzas de tracción actuantes sobre el espécimen mediante el uso de la norma NCH 1038.

3.7.1.11.1. Materiales

- Equipo de ensayo a tracción
- Láminas de neopreno
- Adobe tradicional
- Adobe estabilizado con fibra de cabuya (25% 50% 75% 100%)
- Regla metálica
- Balanza electrónica

Figura 77: Equipos de tracción



Fuente: Elaboración propia.

3.7.1.11.2. Procedimiento

- Para llevar a cabo el ensayo se utilizó la norma técnica chilena NCh 1038
- Se realizó la uniformidad de las caras con espátula para que la carga se distribuya de manera homogénea.
- Se tomó las medidas de las muestras a ensayar
- Se colocó el adobe sobre 2 apoyos a una distancia de 20 cm para posteriormente aplicar una fuerza vertical en el centro hasta que ocurra la ruptura.



Figura 78: Procedimiento del ensayo de resistencia a la tracción





Fibra de cabuya después de ensayo

Fuente: Elaboración propia

3.7.1.11.3. Procesamiento de datos:

Figura 79: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 0%

| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Area cm ² | Distancia entre apoyos cm | Carga en kgf. | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) | |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|---|------|
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 39.00 | 19.50 | 10.00 | 760.5 | 20 | 79.26 | 1.22 | |
| 2 | Muestra 2 | 39.20 | 19.30 | 10.20 | 756.56 | 20 | 105.68 | 1.58 | |
| 3 | Muestra 3 | 39.20 | 19.20 | 10.20 | 752.64 | 20 | 52.84 | 0.79 | |
| 4 | Muestra 4 | 39.10 | 19.20 | 10.00 | 750.72 | 20 | 85.90 | 1.34 | |
| 5 | Muestra 5 | 39.20 | 19.30 | 10.00 | 756.56 | 20 | 90.52 | 1.41 | |
| 6 | Muestra 6 | 39.20 | 19.30 | 10.20 | 756.56 | 20 | 84.60 | 1.26 | |
| 2 | | | | | | | | Prom: | 1.27 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 80: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 25%

| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Area cm ² | Distancia entre apoyos cm | Carga en kgf. | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|---|
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 39.00 | 19.60 | 9.50 | 764.4 | 20 | 94.00 | 1.59 |
| 2 | Muestra 2 | 39.20 | 19.70 | 9.90 | 772.24 | 20 | 76.00 | 1.18 |
| 3 | Muestra 3 | 39.20 | 19.60 | 9.80 | 768.32 | 20 | 117.00 | 1.86 |
| 4 | Muestra 4 | 39.20 | 19.50 | 9.70 | 764.4 | 20 | 105.30 | 1.72 |
| 5 | Muestra 5 | 39.20 | 19.60 | 9.60 | 768.32 | 20 | 92.30 | 1.53 |
| 6 | Muestra 6 | 39.20 | 19.90 | 9.50 | 780.08 | 20 | 82.60 | 1.38 |
| Prom: | | | | | | | | 1.55 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 81: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 50%

| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Area cm ² | Distancia entre apoyos cm | Carga en kgf. | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
|-------|-------------|---------------|---------------|--------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|---|
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 39.10 | 19.40 | 9.90 | 758.54 | 20 | 101.00 | 1.59 |
| 2 | Muestra 2 | 39.10 | 19.60 | 9.90 | 766.36 | 20 | 107.00 | 1.67 |
| 3 | Muestra 3 | 39.70 | 19.60 | 9.90 | 778.12 | 20 | 121.00 | 1.89 |
| 4 | Muestra 4 | 39.60 | 19.40 | 9.90 | 768.24 | 20 | 126.00 | 1.99 |
| 5 | Muestra 5 | 39.50 | 19.50 | 9.90 | 770.25 | 20 | 109.00 | 1.71 |
| 6 | Muestra 6 | 39.40 | 19.50 | 9.90 | 768.3 | 20 | 115.00 | 1.81 |
| Prom: | | | | | | | | 1.78 |

Fuente: Elaboración propia



Figura 82: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 75%

| RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SIMPLE DE ADOBE E - 080 | | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | |
|---|-------------|--|---------------|--------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|---|
| Proyecto "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU : POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIÁN Provincia CUSCO Región : CUSCO | | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : Resp. Lab. : A.A.A. Esp. Geot. : A.A.A. | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE 3.-ENSAYOS REALIZADOS TRACCION SIMPLE AL 75% | | | | | | | | |
| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Área cm ² | Distancia entre apoyos cm | Carga en kgf. | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 39.20 | 19.70 | 10.00 | 772.24 | 20 | 117.00 | 1.78 |
| 2 | Muestra 2 | 39.10 | 19.60 | 9.60 | 766.36 | 20 | 172.00 | 2.86 |
| 3 | Muestra 3 | 39.60 | 19.70 | 9.90 | 780.12 | 20 | 175.00 | 2.72 |
| 4 | Muestra 4 | 39.40 | 19.60 | 10.00 | 772.24 | 20 | 168.00 | 2.57 |
| 5 | Muestra 5 | 39.60 | 19.60 | 10.00 | 776.16 | 20 | 171.00 | 2.62 |
| 6 | Muestra 6 | 39.60 | 19.70 | 10.20 | 780.12 | 20 | 172.00 | 2.52 |
| Prom: | | | | | | | | 2.51 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 83: Data procesada del ensayo de resistencia a la tracción al 100%

| RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SIMPLE DE ADOBE E - 080 | | CODIGO : _____ REVISION : _____ FECHA : _____ PAGINA : _____ | | | | | | |
|---|-------------|--|---------------|--------------|-------------------------|------------------------------------|------------------|---|
| Proyecto "EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO-MECANICAS DEL ADOBE CON REEMPLAZO DE ICHU : POR FIBRA DE CABUYA, SAN SEBASTIAN 2022" Distrito : SAN SEBASTIÁN Provincia CUSCO Región : CUSCO | | Fecha : ABRIL 2022 Motivo : Resp. Lab. : A.A.A. Esp. Geot. : A.A.A. | | | | | | |
| 2.-DATOS DE LA MUESTRA O ESPECIMEN DESCRIPCION: 06 ESPECIMENES DE ADOBE 3.-ENSAYOS REALIZADOS TRACCION SIMPLE AL 100% | | | | | | | | |
| Item. | Descripción | Dimensiones | | | Área cm ² | Distancia entre apoyos cm | Carga en kgf. | Resistencia a la tracción (kg/cm ²) |
| | | Largo (cm) | Ancho (cm) | Alto (cm) | | | | |
| 1 | Muestra 1 | 39.10 | 19.80 | 10.10 | 774.18 | 20 | 270.00 | 4.01 |
| 2 | Muestra 2 | 39.10 | 19.20 | 9.90 | 750.72 | 20 | 230.00 | 3.67 |
| 3 | Muestra 3 | 39.50 | 19.70 | 9.90 | 778.15 | 20 | 260.00 | 4.04 |
| 4 | Muestra 4 | 39.10 | 19.20 | 10.00 | 750.72 | 20 | 240.00 | 3.75 |
| 5 | Muestra 5 | 39.20 | 19.30 | 10.00 | 756.56 | 20 | 280.00 | 4.35 |
| 6 | Muestra 6 | 39.20 | 19.30 | 10.20 | 756.56 | 20 | 240.00 | 3.59 |
| Prom: | | | | | | | | 3.90 |

Fuente: Elaboración propia

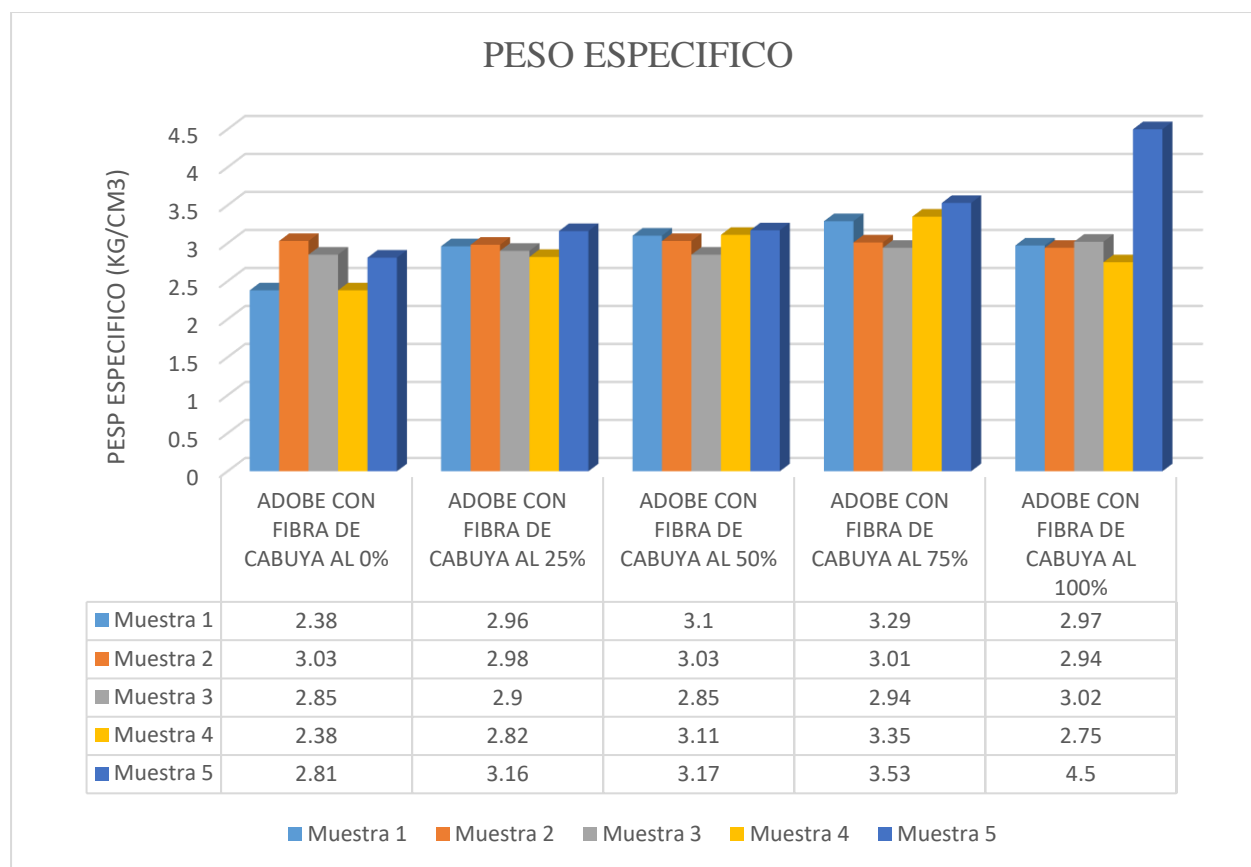
4. Capítulo IV: Resultados de la Investigación

4.1. Resultados respecto al objetivo específico

4.1.1. Resultados del ensayo de peso específico

En la figura 84, se presenta los resultados de las 25 muestras de adobe para el ensayo de peso específico en proporciones 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr); donde se observa que la diferencia entre cada muestra a distintos porcentajes, no es tan perceptible.

Figura 84: Resultados de todas las muestras del ensayo de peso específico



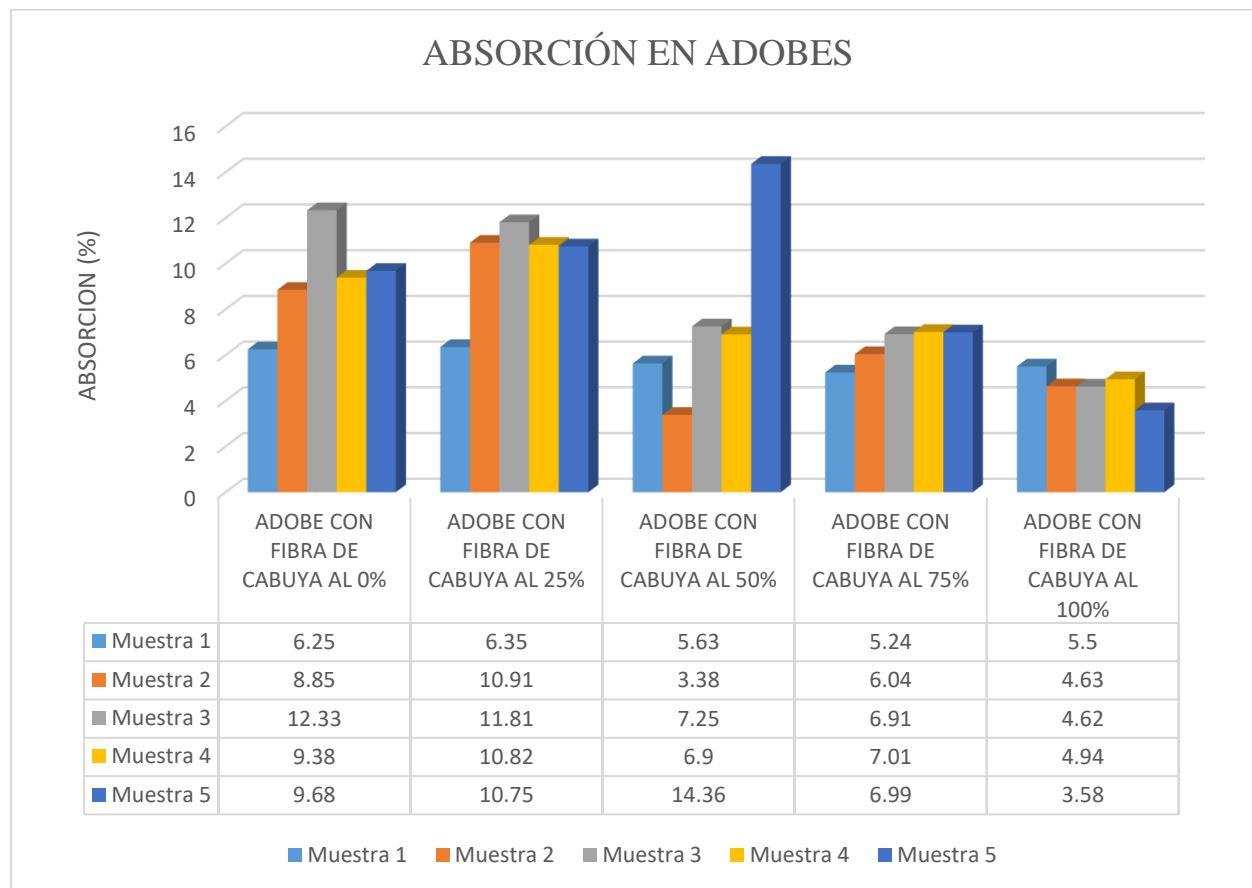
Fuente: Elaboración propia

En la figura 85, nos presentan los resultados promedio del ensayo de peso específico de adobe con reemplazo en peso de fibras de cabuya, donde se observa el incremento del peso específico a medida que va aumentando el reemplazo de paja por fibra de cabuya; tomando en cuenta que el adobe con reemplazo de fibra de cabuya al 0.00% tiene un peso específico de 2.69 kg/cm³



el mayor resultado en las muestras de adobe con 0.00% de fibra de cabuya y 4.62% de absorción siendo el menor resultado de las muestras de adobe con fibra de cabuya al 100.00%

Figura 86: Resultados de todas las muestras del ensayo de absorción

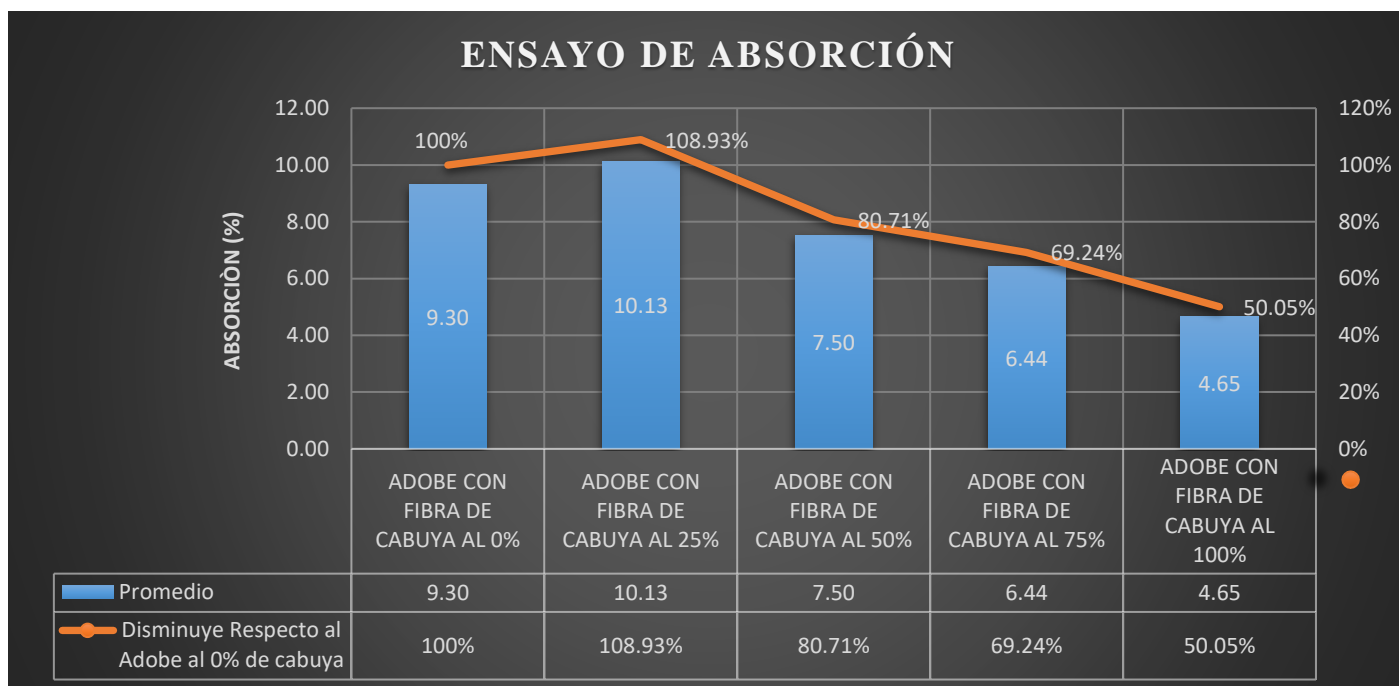


Fuente: Elaboración propia

Los resultados en la figura 87, nos presentan los resultados promedio del ensayo de absorción de adobe con reemplazo en peso de fibras de cabuya, donde se observa la disminución de absorción a medida que va aumentando el reemplazo de paja por fibra de cabuya; tomando en cuenta que el adobe con reemplazo de fibra de cabuya al 0.00% tiene una absorción 9.30% representando este resultado el 100.00% que puede llegar un adobe con esa características, el segmento naranja muestra la disminución en porcentaje respecto al adobe ya mencionado. Por tanto, si se incrementa el reemplazo de fibra de cabuya en las muestras al 100.00% (55gr), se tiene un 49.95% menos absorción que el adobe con fibra de cabuya al 0.00%; se reduce en la mitad de absorción.



Figura 87: Resultados promedio del ensayo de absorción



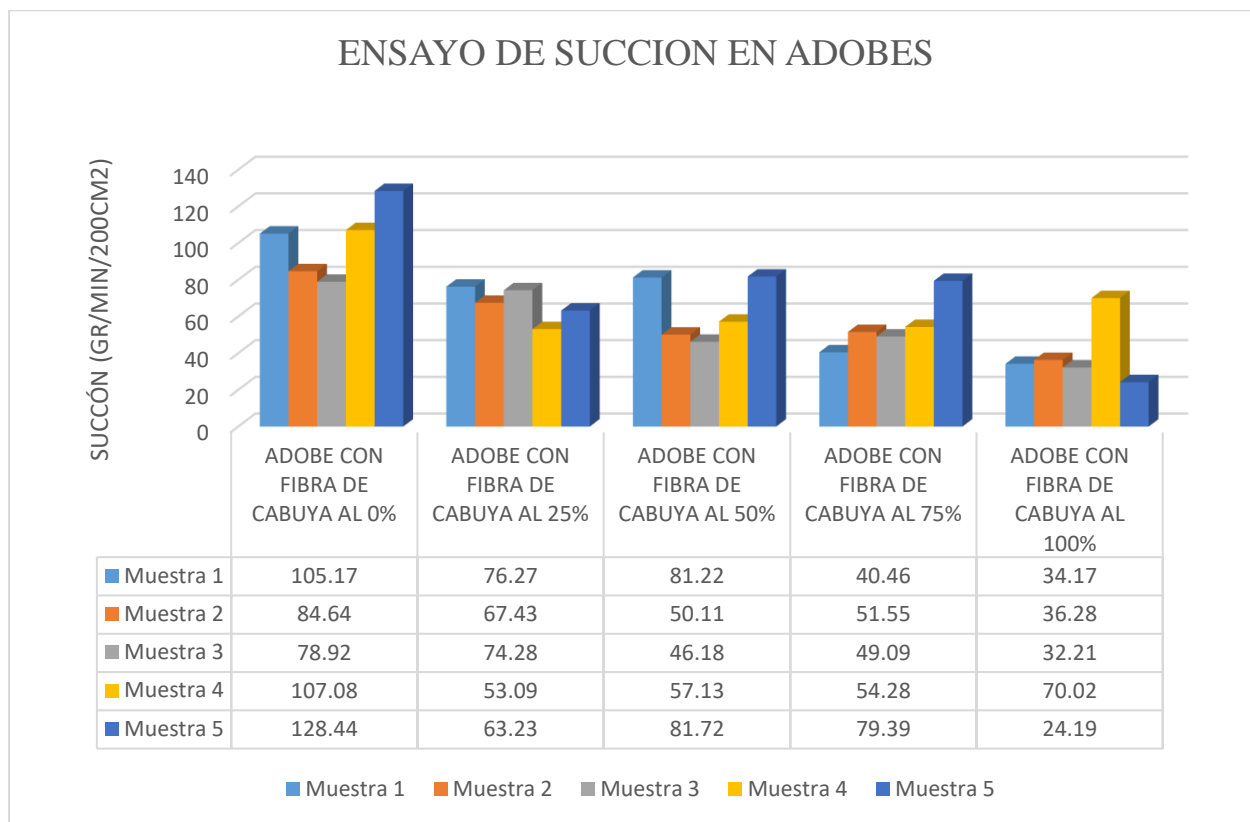
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Resultados respecto al ensayo de succión

En la figura 88, se presenta los resultados de las 25 muestras de adobe para el ensayo de succión en proporciones 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr); donde se observa que disminuye de manera considerable la succión en las muestras a medida que se va aumentando el porcentaje de reemplazo de paja por fibras da cabuya, siendo 128.44 gr/min/200cm² de succión el mayor resultado en las muestras de adobe con 0.00% de fibra de cabuya y 24.19 gr/min/200cm² de succión siendo el menor resultado de las muestras de adobe con fibra de cabuya al 100.00% .



Figura 88: Resultados de todas las muestras del ensayo de succión

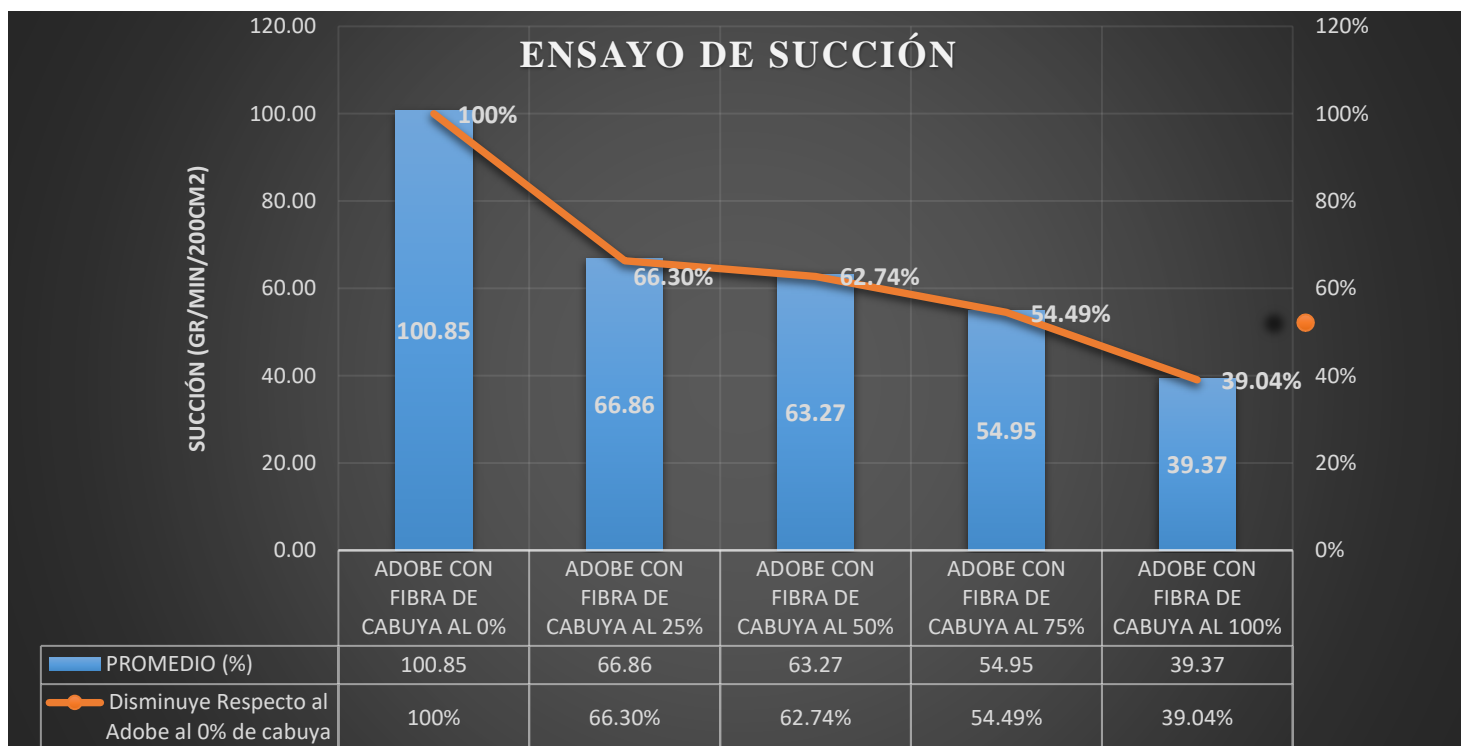


Fuente: Elaboración propia

En la figura 89, nos presentan los resultados promedio del ensayo de succión de adobe con reemplazo en peso de paja por fibras de cabuya, donde se observa la disminución de succión a medida que va aumentando el reemplazo de paja por fibra de cabuya; tomando en cuenta que el adobe con reemplazo de fibra de cabuya al 0.00% tiene una succión de 100.85 gr/min/200cm² representando este resultado el 100.00% que puede llegar un adobe con esa características, el segmento naranja muestra la disminución en porcentaje respecto al adobe ya mencionado. Por tanto, si se incremente el reemplazo de fibra de cabuya en las muestras al 100.00% (55gr) se tiene 39.04 gr/min/200cm² de absorción, por tanto, disminuye un 60.96% menos de succión que el adobe con fibras de cabuya al 0.00%



Figura 89: Resultado promedio del ensayo de succión



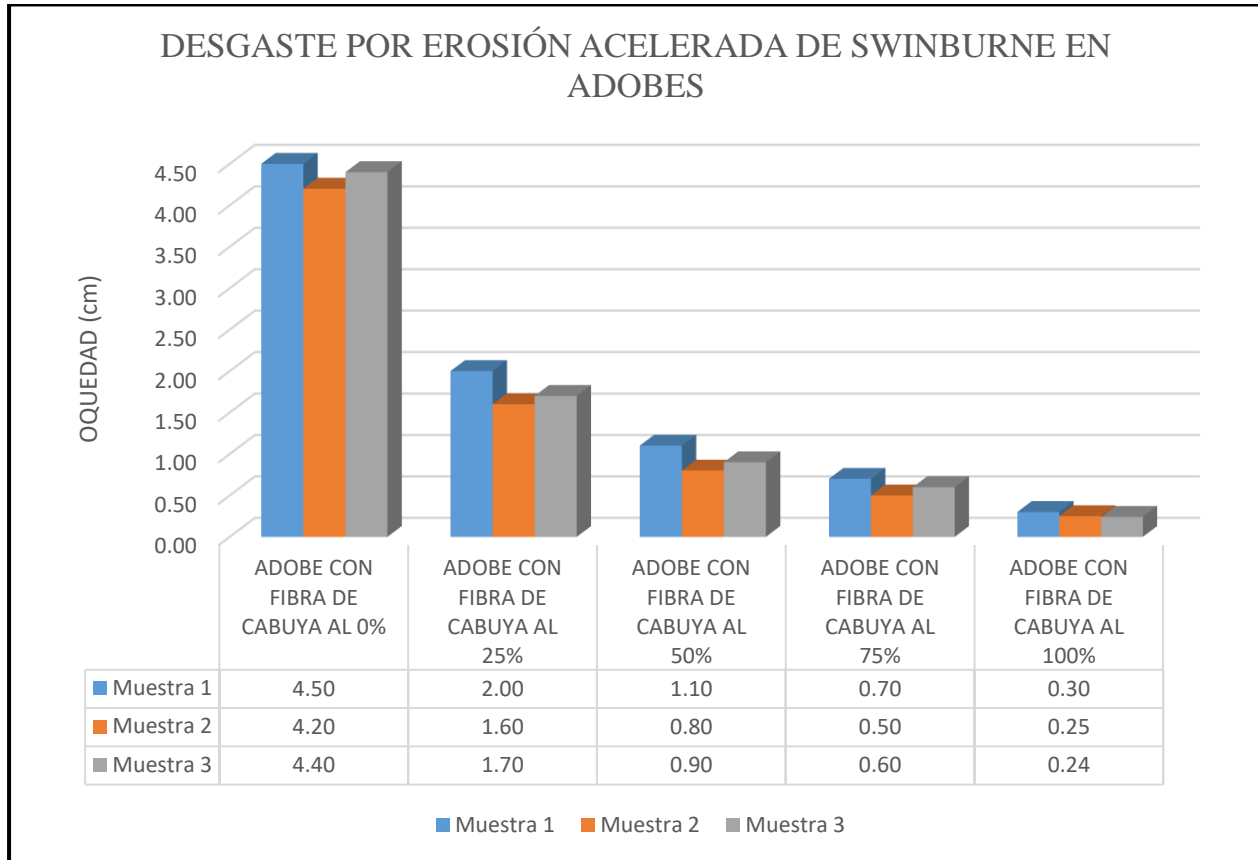
Fuente: Elaboración propia

4.1.4. Resultados del ensayo de erosión acelerada de Swinburne (SAET)

En la figura 90, se presenta los resultados de las 15 muestras de adobe para el ensayo de desgaste por erosión acelerada en proporciones 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr); donde se observa que disminuye de manera considerable el desgaste por erosión a medida que se va aumentando el porcentaje de reemplazo de paja por fibras da cabuya, siendo 4.50cm de oquedad el mayor resultado en las muestras de adobe con 0.00% de fibra de cabuya y 0.24cm de oquedad siendo el menor resultado de las muestras de adobe con fibra de cabuya al 100.00%.



Figura 90: Resultados de todas las muestras del ensayo de desgaste por erosión acelerada de Swinburne

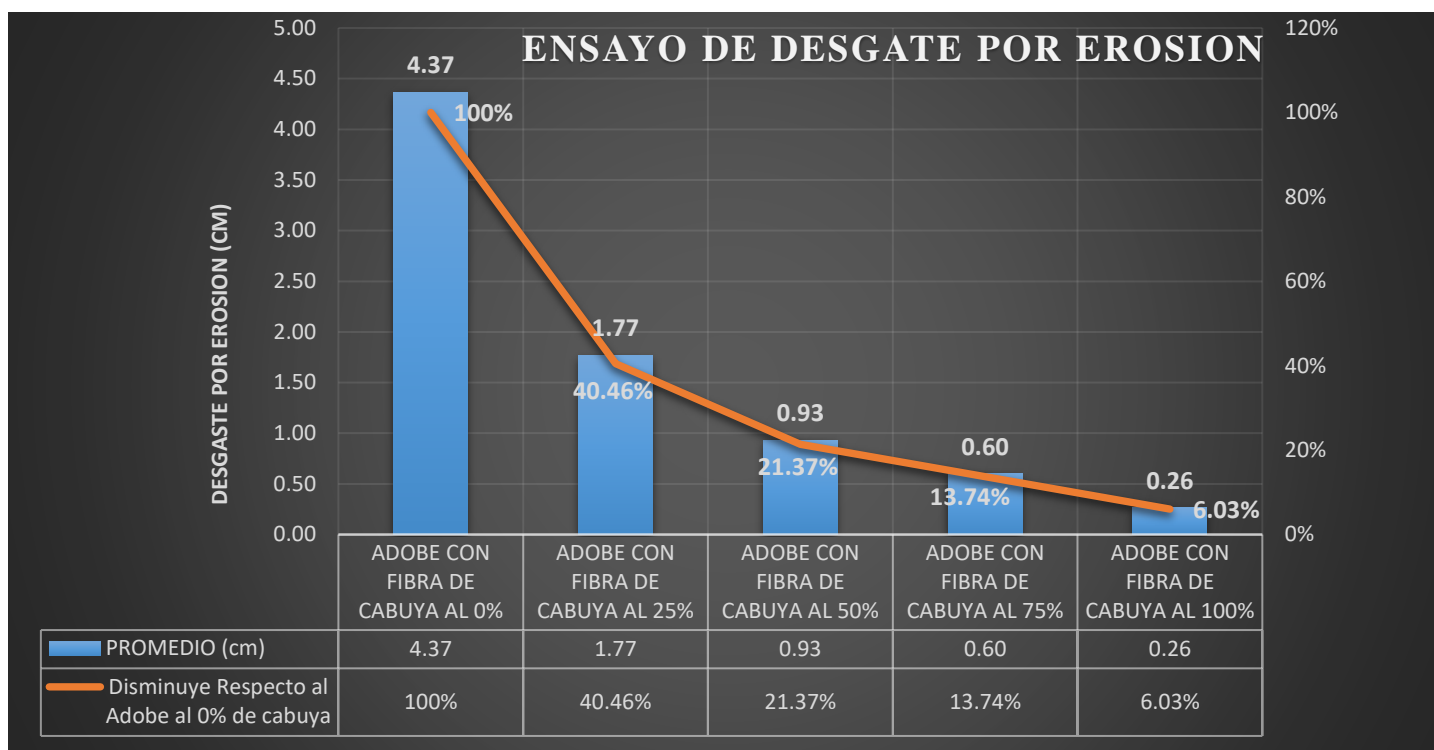


Fuente: Elaboración propia

En la figura 91, nos presentan los resultados promedio del ensayo de erosión por desgaste de adobe con reemplazo en peso de paja por fibras de cabuya, donde se observa la disminución de la oquedad a medida que va aumentando el reemplazo de paja por fibra de cabuya; tomando en cuenta que el adobe con reemplazo de fibra de cabuya al 0.00% tiene una succión de 4.37cm representando este resultado el 100.00% que puede llegar un adobe con esa características, el segmento naranja muestra la disminución en porcentaje respecto al adobe ya mencionado. Por tanto, si se incrementa el reemplazo de fibra de cabuya en las muestras al 100.00% (55gr), se tiene 0.26cm de oquedad que representa el 6.03%, disminuyendo un 93.97% respecto al adobe con fibra de cabuya al 0.00%.



Figura 91: Resultados promedio de ensayo de desgaste por erosión acelerada de Swinburne



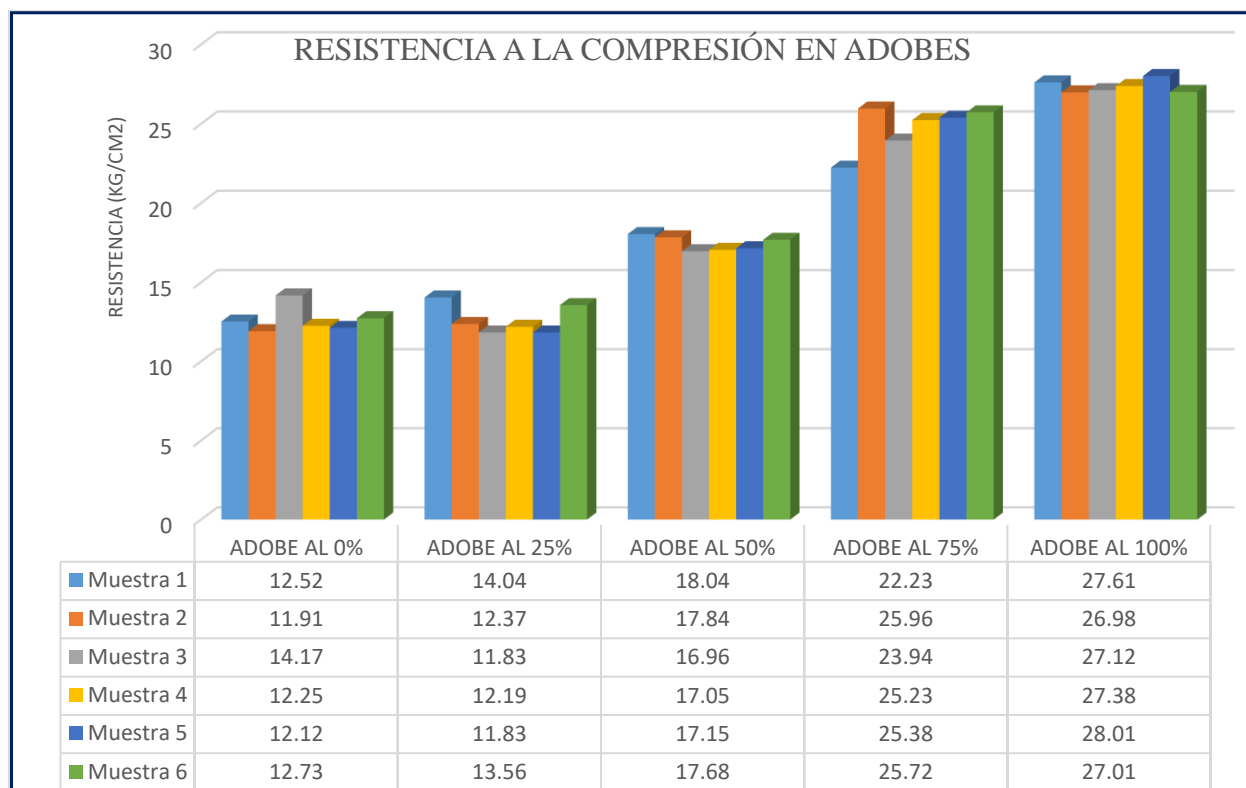
Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión

En la figura 92, se presenta los resultados de las 30 muestras de adobe para el ensayo de desgaste por erosión acelerada en proporciones 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr); donde se observa que aumenta de manera considerable la resistencia a la compresión a medida que se va aumentando el porcentaje de reemplazo de paja por fibras da cabuya, siendo 11.91 kg/cm² de resistencia a la compresión el menor resultado en las muestras de adobe con 0.00% de fibra de cabuya y 28.01 kg/cm² de resistencia a la compresión siendo el mayor resultado de las muestras de adobe con fibra de cabuya al 100.00%



Figura 92: Resultados de todas las muestras del ensayo de resistencia a la compresión

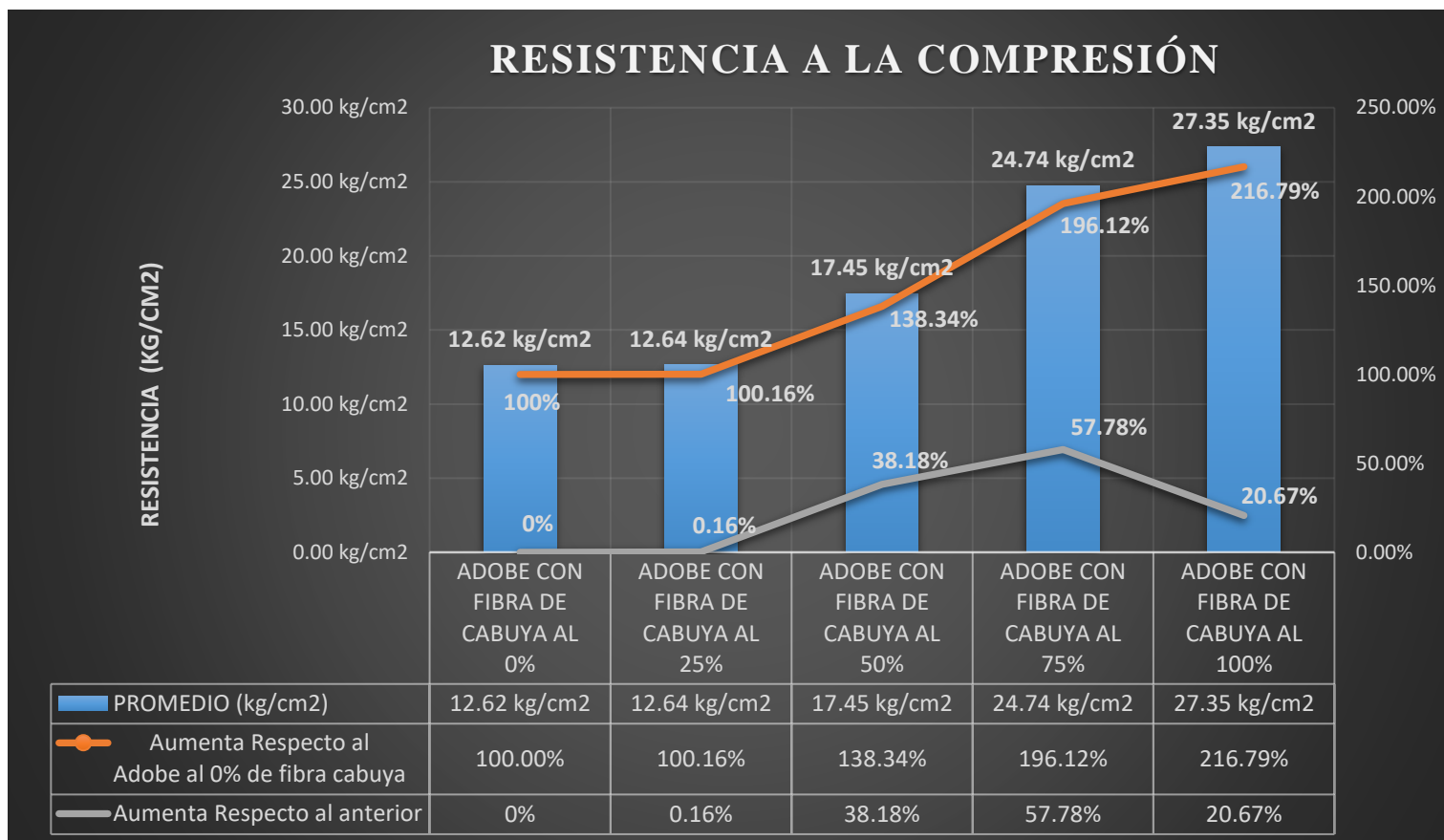


Fuente: Elaboración propia

En la figura 93, nos presentan los resultados promedio del ensayo de resistencia a la compresión de adobe con reemplazo en peso de paja por fibras de cabuya, donde se observa el aumento de resistencia medida que va aumentando el reemplazo de paja por fibra de cabuya; tomando en cuenta que el adobe con reemplazo de fibra de cabuya al 0.00% tiene una resistencia promedio de 12.62 kg/cm² representando este resultado el 100.00% que puede llegar un adobe con esa características, el segmento naranja muestra el aumento en porcentaje respecto al adobe ya mencionado. Por tanto, si se incrementa el reemplazo de fibra de cabuya en las muestras al 100.00% (55gr), la resistencia llega al 27.35 kg/cm² que representa un 216.79%. Así mismo el segmento plomo indica el porcentaje de aumento a medida que se va incremento su resistencia respecto al anterior en cada muestra.



Figura 93: Resultados promedio del ensayo de resistencia a la compresión

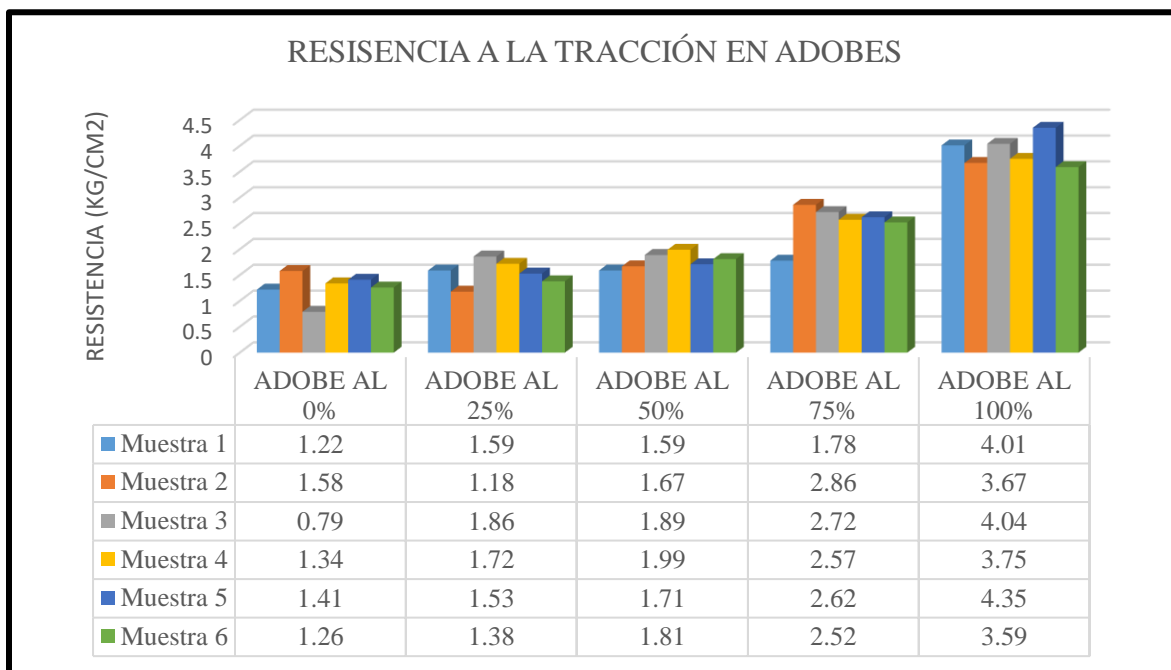


Fuente: Elaboración propia

4.1.6. Resultados del ensayo de resistencia a la tracción

En la figura 94, se presenta los resultados de las 30 muestras de adobe para el ensayo de desgaste por erosión acelerada en proporciones 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr); donde se observa que aumenta de manera considerable la resistencia a la tracción a medida que se va aumentando el porcentaje de reemplazo de paja por fibras da cabuya, siendo 0.79 kg/cm² de resistencia a la tracción el menor resultado en las muestras de adobe con 0.00% de fibra de cabuya y 4.35 kg/cm² de resistencia a la tracción siendo el mayor resultado de las muestras de adobe con fibra de cabuya al 100.00%

Figura 94: Resultados de todas las muestras del ensayo de resistencia a la tracción

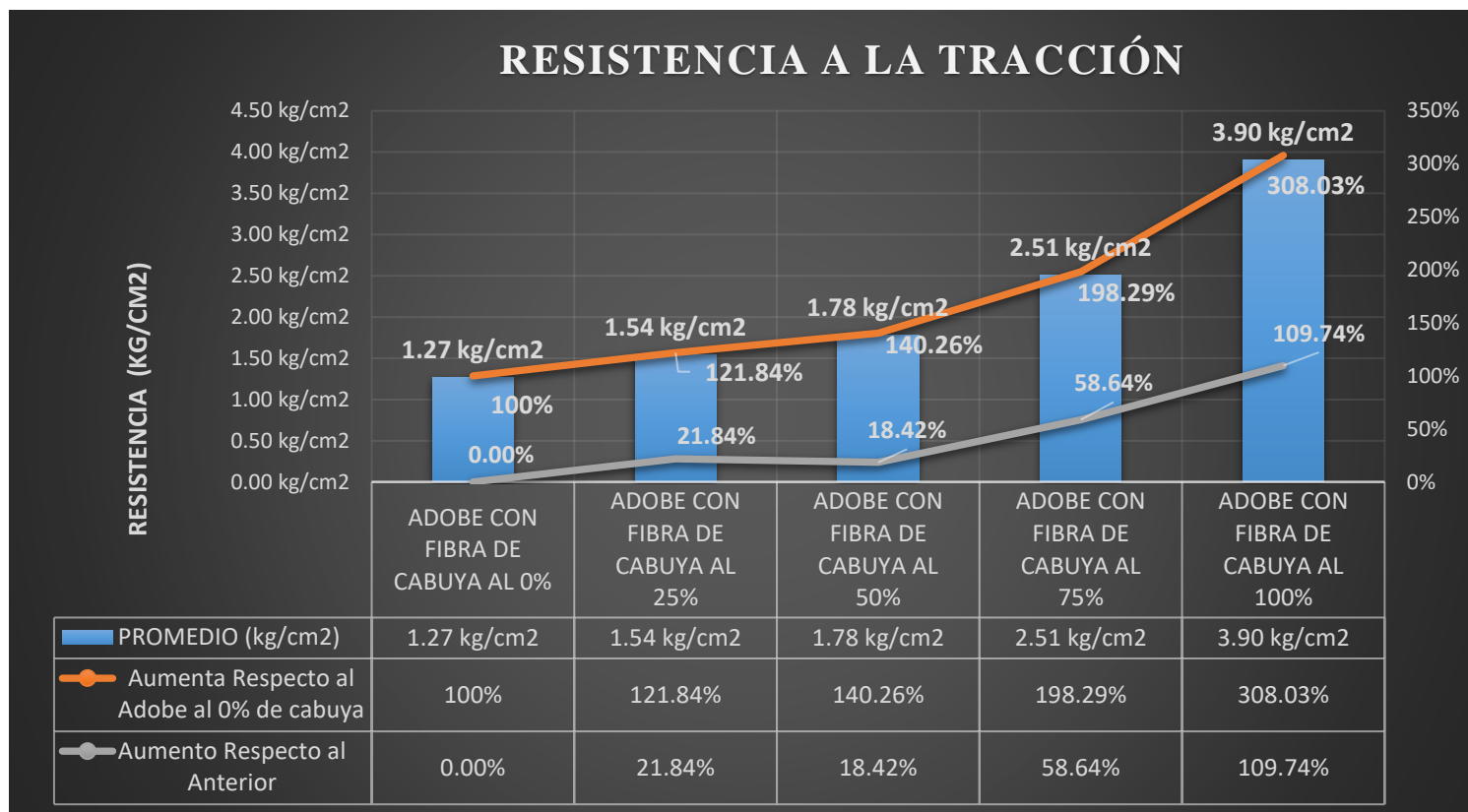


Fuente: Elaboración propia

En la figura 95, nos presentan los resultados promedio del ensayo de resistencia a la tracción de adobe con reemplazo en peso de paja por fibras de cabuya, donde se observa el aumento de resistencia medida que va aumentando el reemplazo de paja por fibra de cabuya; tomando en cuenta que el adobe con reemplazo de fibra de cabuya al 0.00% tiene una resistencia promedio de 1.27 kg/cm² representando este resultado el 100.00% que puede llegar un adobe con esa características, el segmento naranja muestra el aumento en porcentaje respecto al adobe ya mencionado. Por tanto, si se incrementa el reemplazo de fibra de cabuya en las muestras al 100.00% (55gr), la resistencia llega al 3.90 kg/cm² que representa un 308.03%, lo que nos indica que aumenta la resistencia en 3.07 veces más que la muestra con fibra cabuya al 0.00%. Así mismo el segmento plomo indica el porcentaje de aumento a medida que se va incremento su resistencia respecto al anterior en cada muestra.



Figura 95: Resultados promedio del ensayo de resistencia a la tracción



Fuente: Elaboración propia

4.2. Resultados respecto al objetivo general

A continuación, se muestra el cuadro en donde evidenciamos los resultados en promedio de cada ensayo realizado.

Tabla 9: Resultados de los ensayos en general

| Cuadro de Resultados de los propiedades fisico-mecánicas del adobe en reemplazo de ichu por fibras de cabuya | | | | | |
|--|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| ENSAYOS | ADOBE AL 0% (Tradicional) | Adobe al 25% de fibra de cabuya | Adobe al 50% de fibra de cabuya | Adobe al 75% de fibra de cabuya | Adobe al 100% de fibra de cabuya |
| Propiedades Física | | | | | |
| Peso específico (kg/cm ³) | 2.69 | 2.96 | 3.05 | 3.22 | 3.24 |
| Absorción (%) | 9.30 | 10.13 | 7.50 | 6.44 | 4.65 |
| Succión (%) | 100.85 | 66.86 | 63.27 | 54.95 | 39.37 |
| Desgaste por erosión(cm) | 4.37 | 1.77 | 0.93 | 0.60 | 0.26 |
| Propiedades Mecánicas | | | | | |
| Resistencia a la compresión (kgf/cm ²) | 12.62 | 12.64 | 17.45 | 24.74 | 27.35 |
| Resistencia a la tracción (kgf/cm ²) | 1.27 | 1.54 | 1.78 | 2.51 | 3.90 |

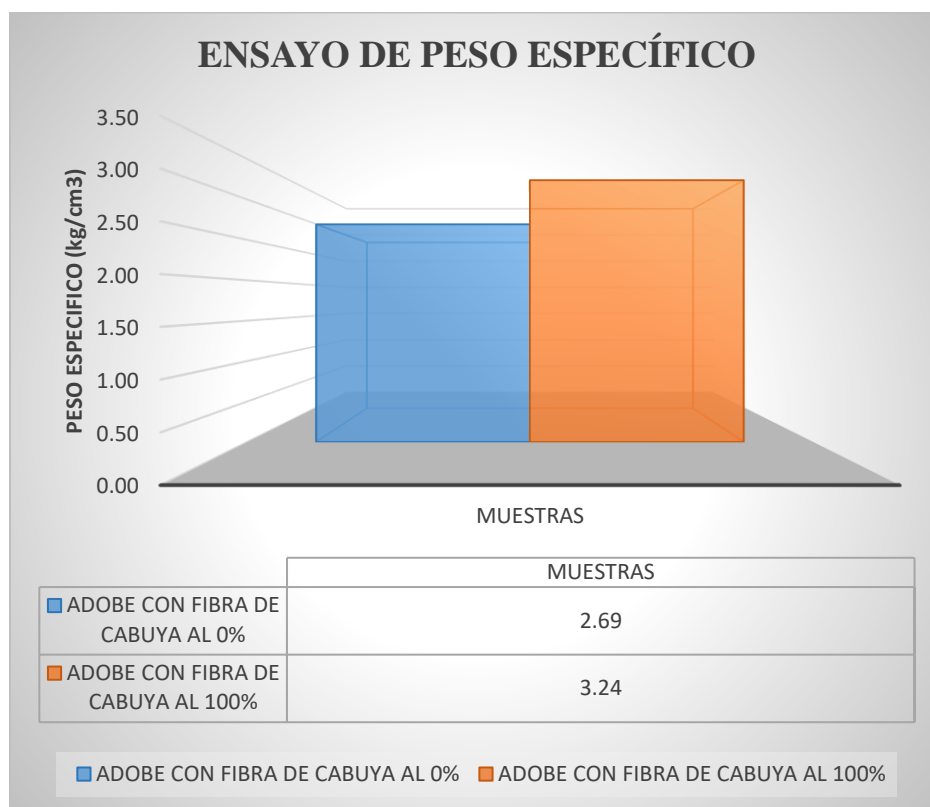
Fuente: Elaboración propia

4.2.1. Resultados de peso específico

Las pruebas se realizaron con un total de 25 muestras, el gráfico adjuntado muestra que el peso específico varía inversamente proporcional a como aumenta el porcentaje de reemplazo del ichu.

Para dicho ensayo se evidencio que en un adobe tradicional su peso específico es de 2.69 gr/cm³ mientras que para el elaborado en su totalidad con fibras de cabuya es 3.24 gr/cm³ siendo este mayor en un 20.45 %.

Figura 96: Resultados de ensayo de peso específico al 0% y 100% de fibras de cabuya



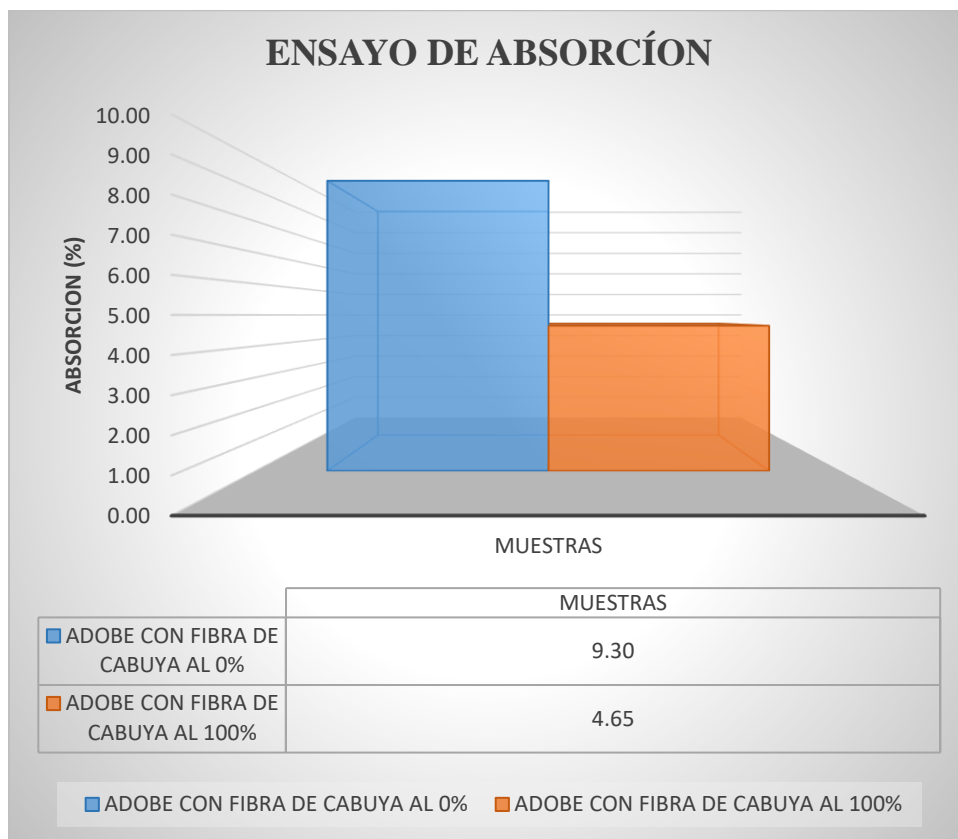
Fuente: Elaboración propia

Nota: En el ensayo de peso específico, podemos observar que no varía mucho, debido a que cada unidad de adobe al 0% y al 100%, son de las mismas dimensiones y pesos parecidos.

4.2.2. Resultados del ensayo de absorción

En el ensayo de absorción, el adobe con fibras de cabuya al 100.00% se logra obtener la mitad de absorción que el adobe patrón, siendo considerable la disminución de esta propiedad física del adobe.

Figura 97: Resultados de ensayo de absorción al 0% y 100% de fibra de cabuya



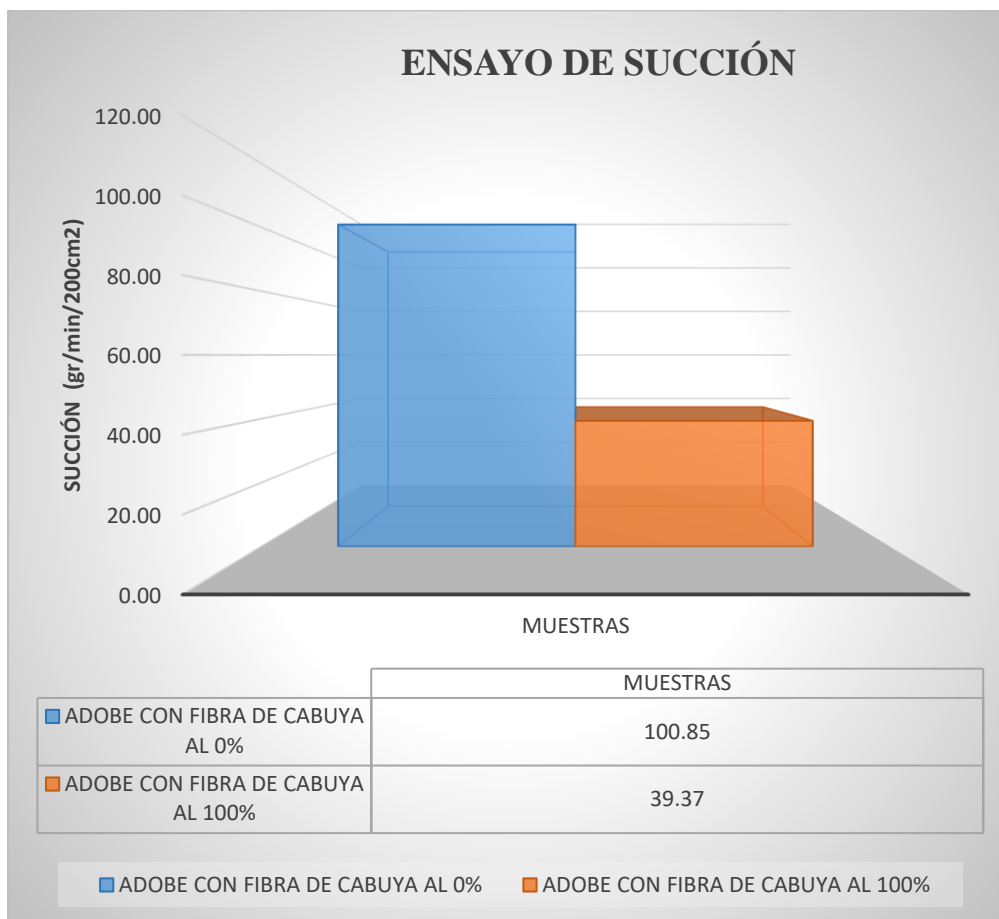
Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Resultados del ensayo de succión

5. El adobe reforzado con fibra de cabuya al 100.00%, muestra 61.48 gr/min/200cm² menos de succión que el adobe patrón, lo cual es considerable y favorable para la propiedad física de los adobes.



Figura 98: Resultados de ensayo de succión al 0% y al 100% de fibras cabuya

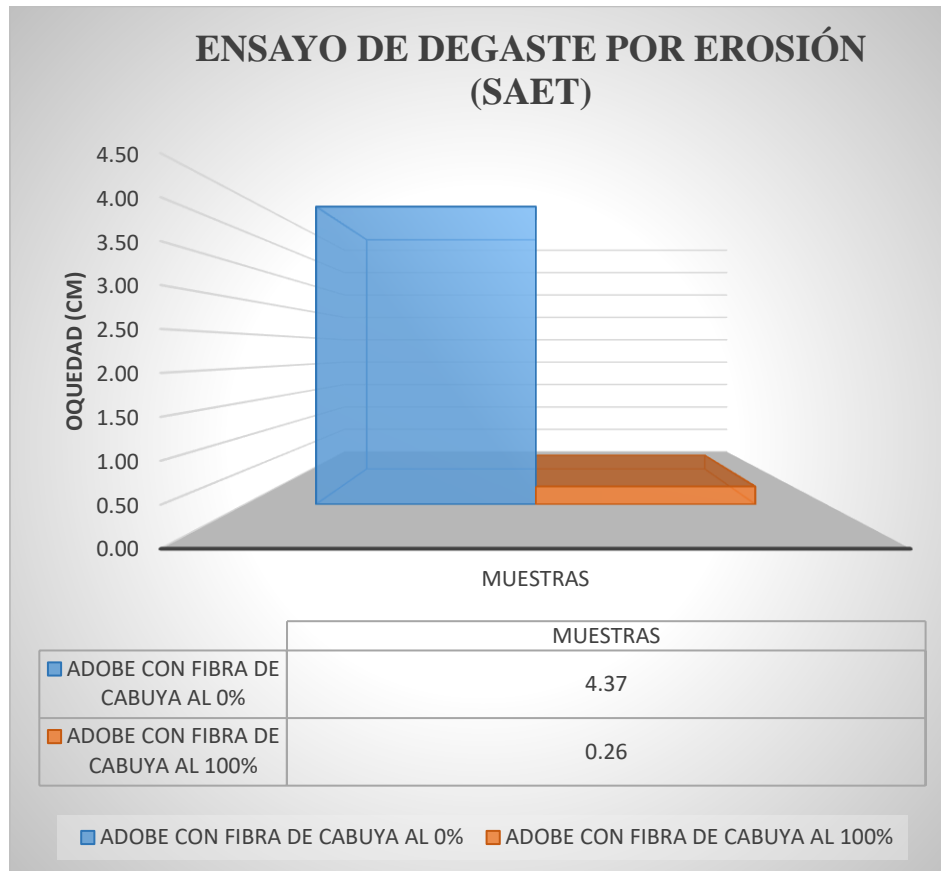


Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Resultados de desgaste por erosión acelerada Swinburne (SAET)

En el ensayo de desgaste por erosión acelerada, disminuye en un 94.05% la oquedad en el adobe reforzado, cumpliendo con la norma NCh 1038, en su mínimo de oquedad, esto también representa la correcta distribución de la fibra en la unidad de adobe y la sinergia entre el barro y las fibras cabuya, así también mejorando considerablemente esta propiedad física del adobe

Figura 99: Resultados de ensayo de erosión acelerada al 0% y 100% de fibra de cabuya

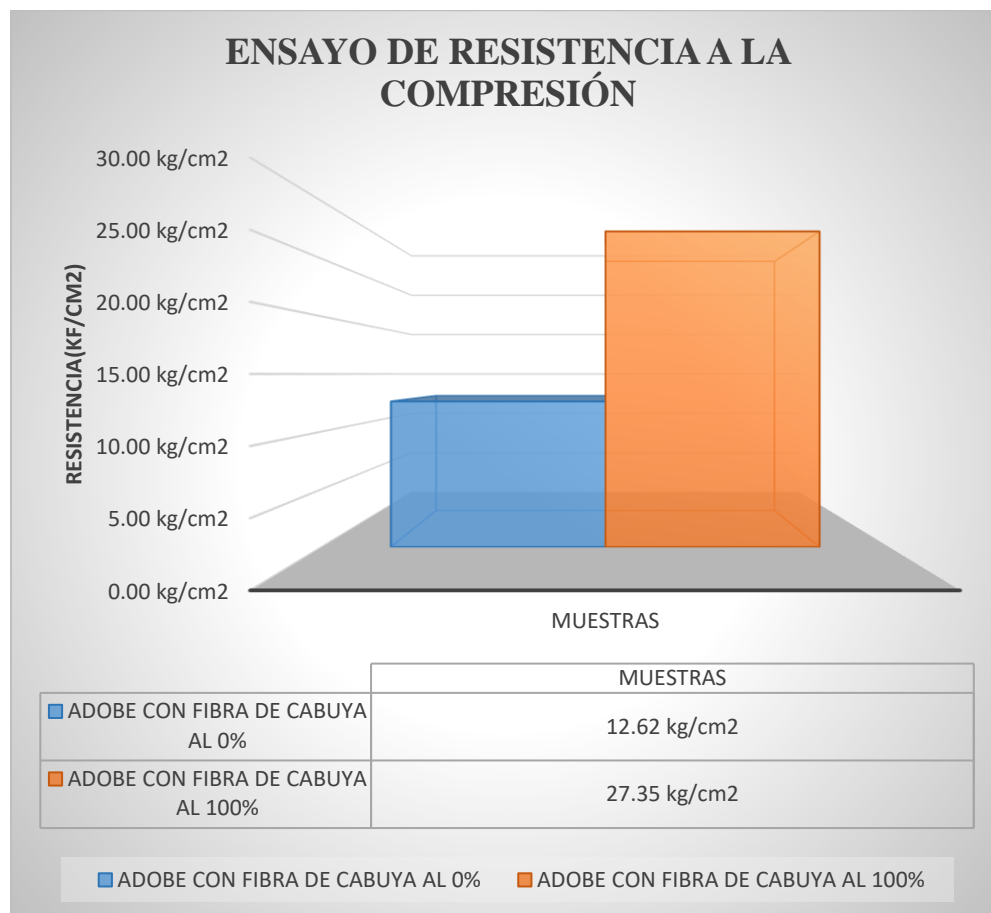


Fuente: Elaboración propia

4.2.5. Resultados de resistencia a la compresión:

Se determinó que los elementos de adobe sin fibras de cabuya o adobe patrón muestran una resistencia a la compresión de 12.62 kg-f/cm², mientras que el adobe con fibras de cabuya al 100.00% muestra una resistencia de 27.35 kg-f/cm², lo cual representa una considerable mejora en su propiedad mecánica del adobe, también cumpliendo estándares establecido en la norma E0.80 de resistencia mínimas.

Figura 100: Resultados de ensayo de resistencia a la compresión al 0% y 100% de cabuya



Fuente: Elaboración propia

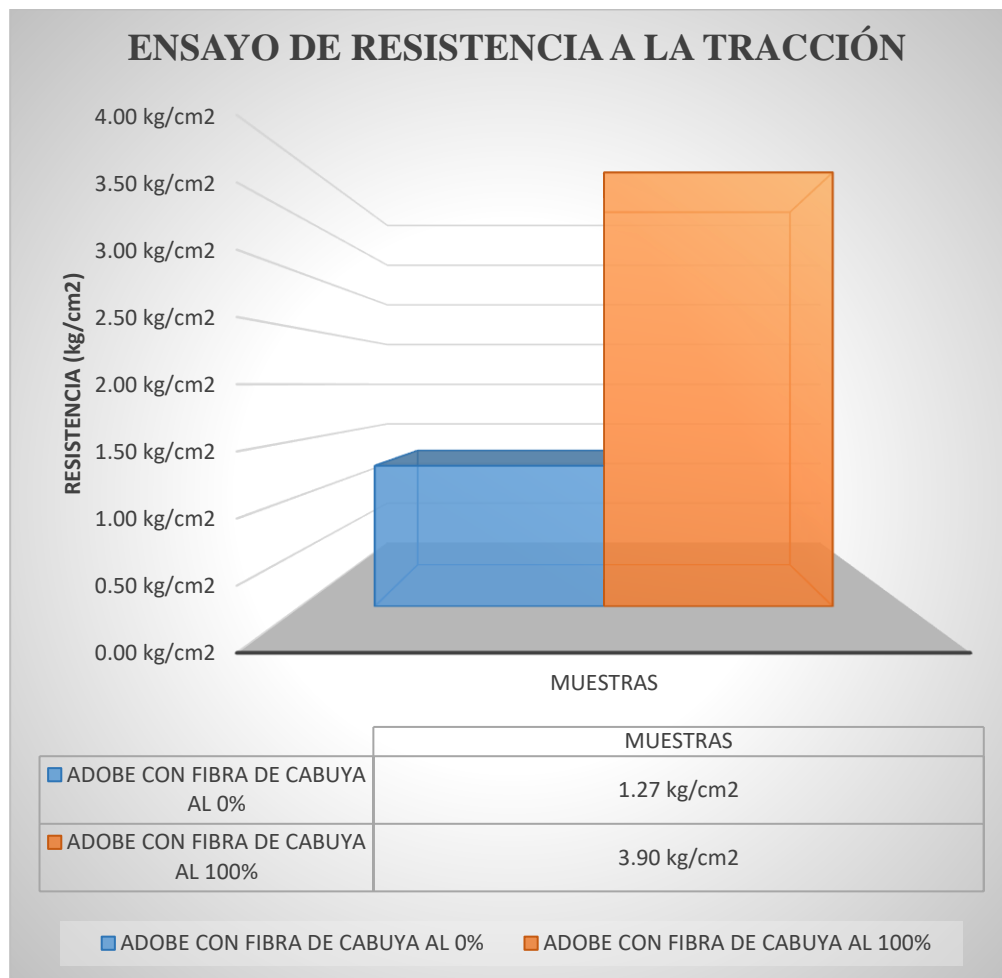
Nota: En el ensayo de resistencia a la compresión, se ve claramente el aumento de la resistencia del adobe reforzado con fibras de cabuya al 100%, aumenta en un 116.79% en comparación al adobe patrón, de igual manera los resultados cumplen con las hipótesis planteadas y de igual manera superan las resistencias mínimas propuestas en la norma E0.80

4.2.6. Resultados de resistencia a la tracción

En el ensayo de tracción, el adobe reforzado con fibras de cabuya al 100.00% aumenta la resistencia en 2.07 veces más que el adobe patrón, triplicando la resistencia de este, el aumento de resistencia de manera considerable es debido a que las fibras generaban mayor resistencia que la paja y la buena distribución de la fibra en las unidades de adobe.



Figura 101: Resultados de ensayo de resistencia a la tracción al 0% y al 100% de fibra de cabuya



Fuente: Elaboración propia



5. Capítulo V: Discusión

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

- La investigación fue realizada en torno a una población total de 125 unidades de albañilería que fueron sometidos a pruebas y ensayos de campo tanto de laboratorio para lograr observar los resultados físico-mecánicos y comprobar la viabilidad de nuestra propuesta de investigación.
- Para lograr nuestros resultados se realizó la elaboración de adobes con fibra de cabuya , de tal manera, que se pueda verificar las mejoras en las propiedades físico - mecánicas del adobe tradicional, realizando el reemplazo en peso de ichu por fibras de cabuya en las siguientes proporciones: 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr); siguiendo el proceso de elaboración tradicional del adobe, así como la longitud de las fibras de cabuya igual al de la paja, las medidas del adobe, el proceso de secado y posteriormente la evaluación en laboratorio.
- Finalmente, lo más relevante de nuestra investigación fue la verificación de la viabilidad del adobe con fibra de cabuya donde se pudo comprobar sus propiedades físico-mecánicas a comparación del adobe tradicional, así como la accesibilidad de los materiales y abundancia de estos, también se pudo evaluar a que peso de reemplazo de fibra, se obtiene mejores resultados.

5.2. Limitaciones del estudio

- La investigación se realizó con el reemplazo del aditivo natural ichu por otro aditivo natural fibra de cabuya en adobe para analizar las propiedades físico-mecánicas partiendo del adobe tradicional (0%) y adobe estabilizado con fibra de cabuya en (25% ,50% ,75%, 100%)
- Se analizó las propiedades físicas de los elementos de adobe mediante los ensayos de:
 - I1: Peso específico húmedo (kg/cm^3)
 - I2: Absorción (%)
 - I3: Succión ($\text{gr}/\text{min}/200\text{cm}^2$)
 - I4: Desgaste por erosión (cm)



- Se analizó las propiedades mecánicas de los elementos de adobe mediante los ensayos de:
 - I1: Resistencia a la compresión (kgf/cm²)
 - I2: Resistencia a la tracción (kgf/cm²)
- Para la elaboración de los elementos de adobes estabilizados se contó con el personal de apoyo en la adobera del señor Issac Huamán Quinto, en el distrito de San Sebastián sector de Quispiquilla.
- Las dimensiones de los adobes que se elaboraron los moldes de adobe fueron de:
 - 40cm x 20cm x10cm, para los ensayos de succión, absorción, peso específico, resistencia a la tracción, desgaste por erosión.
 - 20cm x 20cm x10cm, para una adecuada manipulación, en el ensayo de resistencia a la compresión.
- Los adobes estudiados tuvieron un periodo de 28 días de secado.
- Se obtuvo del reemplazo adecuado de ichu por fibra de cabuya en las siguientes proporciones 0% fibra de cabuya (0.00 gr) + 100% de paja (55gr), 25% fibra de cabuya (13.75gr) + 75% de paja (41.25gr), 50% fibra de cabuya (27.50gr) + 50% de paja (27.50gr), 75% fibra de cabuya (41.25gr) + 25% de paja (13.75) y 100% fibra de cabuya (55gr) + 0% de paja (0.00gr).
- Se hizo uso de las normas técnicas peruanas (NTP), la Norma E0.80, NTP 399.613, así también de las siguientes normas, norma chilena NCH1038-1977 y la Norma Española UNE 41410.

5.3. Comparación crítica con la literatura existente

5.3.4. Discusión 01

Autor: Ximena del Pilar López Daza; Dasarella Bheatriz Torbisco Ascue

Título: Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional de adobe en una unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac.

Lugar: Lima



Año: 2020

Objetivo: La investigación tuvo como objetivo “aprovechar las fibras de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas del adobe en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac”, para ello aplicaron una metodología de nivel exploratorio y de diseño cuasiexperimental.

Resultado: Como resultado se obtuvo, de acuerdo al ensayo granulométrico y límites de Atterberg, que el suelo presentaba arena y finos, límite líquido 23.77%, límite plástico 23.66% e índice plástico 9.11%, con respecto al ensayo de resistencia a la compresión se obtuvo que al agregar fibra de cabuya en 0%, 1.5%, 1.75%, 2% y 2.5% el adobe alcanzaba una resistencia promedio a la compresión de 8.05 kg/cm², 9.04 kg/cm², 10.11 kg/cm², 9.57 kg/cm² y 8.95 kg/cm² respectivamente.

Conclusión: Por lo que se llegó a la conclusión que al agregar fibra de cabuya en 1.75% la resistencia a la compresión del adobe aumentaba un 25.57% respecto al adobe patrón, alcanzando un valor de 10.11 kg/cm².

Por lo tanto, haciendo un análisis comparativo se puede aducir que:

- Según los estudios realizados en campo y laboratorio se coincide con la tesis “Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional de adobe en una unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac.” Afirmando que el adobe tradicional con ichu porcentualmente tiene menor resistencia a la compresión tomando en cuenta el análisis de sus propiedades físico-mecánicas.
- En caso de la propuesta por la tesista del agregado del ichu en pequeñas cantidades porcentuales, y según nuestros análisis tanto de campo como de laboratorio no aumentaría de forma variable la resistencia a la compresión del adobe.

Tabla 10: Cuadro de resultados del ensayo de resistencia a la compresión, con adición de fibras de cabuya al 0%, 1.50%, 1.75%, 2.00%, 2.50%

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | |
|---|-----------------------------------|
| Adición | Resistencia (kg/cm ²) |
| Adobe con adición de fibra de cabuya al 0% | 8.05 |
| Adobe con adición de fibra de cabuya al 1.50% | 9.04 |



| | |
|---|------|
| Adobe con adición de fibra de cabuya al 1.75% | 10.1 |
| Adobe con adición de fibra de cabuya al 2.00% | 9.57 |
| Adobe con adición de fibra de cabuya al 2.50% | 8.95 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Cuadro de resultados del ensayo de resistencia a la compresión con reemplazo de fibras de cabuya al 0%, 25%, 50%, 75%, 100%

| ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION | |
|--|--|
| Reemplazo | Resistencia (kg/cm²) |
| Adobe con fibra de cabuya al 0% | 12.62 |
| Adobe con fibra de cabuya al 25% | 12.63 |
| Adobe con fibra de cabuya al 50% | 17.45 |
| Adobe con fibra de cabuya al 75% | 24.74 |
| Adobe con fibra de cabuya al 100% | 27.35 |

Fuente: Elaboración propia

- Finalmente, se pudo comprobar en nuestra investigación que la variación porcentual es notablemente elevada al reemplazar el ichu por la cabuya, teniendo resultados óptimos respecto a la resistencia a la compresión, como indica en las tablas 11 y 12, ya que en nuestra investigación se realiza un reemplazo mas no una adición al adobe tradicional.

5.4. Implicancias del estudio

- Se logró evaluar las propiedades físico-mecánicas de los adobes tradicionales elaborados en el distrito de San Sebastián sector de Quispiquilla, así como de los adobes reemplazados de ichu por fibra de cabuya.
- La investigación se realizó con la finalidad de evaluar las propiedades física-mecánicas con el reemplazo paja por fibra de cabuya.
- La norma E-080, establece un patrón en los componentes de material para la elaboración del adobe, por lo tanto, en nuestro trabajo de investigación si se aplican las proporciones de materiales que establece la norma, de esta manera cumple el valor mínimo de 12 kg/cm².



- La fibra de cabuya es buen reemplazante, ya que mejora las propiedades físico-mecánicas del adobe, pero también se puede observar que el tiempo de proceso dura un poco más de tiempo ya que la cabuya pasa por un proceso para la obtención de la fibra.



Conclusiones

De la hipótesis general

- “El uso de fibra de cabuya, en reemplazo del ichu en peso, mejorará significativamente las propiedades físico-mecánicas del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián”.

Se logro demostrar lo planteado en la hipótesis general, el adobe reforzado con fibras de cabuya, mejora las propiedades físico-mecánicas, del adobe tradicional, los resultados de laboratorio nos demostraron que superaron de manera significativa los principios y valores mínimos establecidos en la norma Técnica E0.80, la Norma E-0.70, NCH1038-1977 y la Norma Española UNE 41410.

De la subhipótesis 01

- “El peso específico del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso de ichu por fibra de cabuya”.

Por lo tanto, en esta hipótesis no se comprobó la reducción del peso específico en las unidades de adobe con reemplazo de fibra de cabuya. Teniendo como resultado final que el adobe con fibra de cabuya al 100% es 3.24 kg/cm³, aumento en un 20.30% respecto al adobe tradicional con fibra de cabuya al 0.00%.

De la sub hipótesis 02

- “El porcentaje de absorción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya”.

Se comprobó en la sub hipótesis 02, que el adobe reforzado con fibras de cabuya al 100.00%, absorbe 50.05 % menos que el adobe tradicional con fibra de cabuya al 0.00%, lo cual mejora significativamente esta propiedad física del adobe.

De la sub hipótesis 03

- “La succión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya”.



Se demuestra en la sub hipótesis 03, que el adobe reforzado con fibras de cabuya al 100%, tienen una succión $60.96 \text{ gr/min}/200\text{cm}^2$ menos que la del adobe tradicional con fibra de cabuya al 0.00%, lo cual respalda la mejora de esta propiedad física de los adobes con reemplazo de fibras de cabuya.

De la sub hipótesis 04

- “El desgaste del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián reducirá al aumentar el porcentaje de reemplazo en peso, de ichu por fibra de cabuya”.

En la sub hipótesis 04, se demuestra que el adobe al 100.00 % con fibra de cabuya disminuyó un 94.05 % de oquedad respecto al adobe tradicional con fibra de cabuya al 0.00%, así mismo se cumple con oquedad mínima establecida en la norma NCH 1038.

De la sub hipótesis 05

- “El uso de la fibra de cabuya, en reemplazo del ichu en peso, aumentará la resistencia última a la compresión del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián”.

En la sub hipótesis 05 la resistencia a la compresión en los adobes con fibra de cabuya al 100.00% superó en un 116.79% más, respecto al tradicional con fibra de cabuya al 0.00%, por tanto, los resultados favorecen a la hipótesis planteada, de igual manera supera las resistencias mínimas propuestas en la norma E-080.

De la sub hipótesis 06

- “El uso de la fibra de cabuya, en reemplazo del ichu en peso, aumentará la resistencia última a la tracción del adobe producido en el sector Quispiquilla del distrito de San Sebastián”.

En la sub hipótesis 06, la resistencia a la tracción en los adobes con fibra de cabuya al 100.00% aumento en 2.07 veces más del adobe tradicional con fibras de cabuya al 0.00%, este aumento de resistencia, se debe principalmente a la resistencia y adherencia de las fibras de cabuya en la mezcla para la elaboración de adobes.



Recomendaciones

- Se recomienda realizar el análisis de costos de los adobes con fibras de cabuya, para saber con certeza si sería viables su comercialización.
- Se recomienda evaluar los adobes con fibra de cabuya a partir de del 50% de reemplazo ya que los adobes al 25% de reemplazo con fibras de cabuya tienden a no varían significativamente en los resultados de sus propiedades físico mecánicas de los ensayos con respecto al adobe tradicional.
- Para el secado de los adobes, evitar los cambios bruscos de temperatura, debido a que puede afectar mucho en las propiedades físico-mecánicas.
- Se recomienda realizar la elaboración de los adobes con un 10% a 15% más de fibra de cabuya, siendo el máximo evaluado al 100% que representa 55.00gr.
- Se recomienda estudios similares con diferentes tipos de arcillas, en otros sectores de la ciudad.
- Se recomienda evaluar muros de adobe con el adobe tradicional y muros de adobes con fibras de cabuya, siguiendo parámetros de la norma E-080.



Bibliografía

- Abanto Flores, P. J., & Akarley Poma, L. M. (2014). *Características físicas y mecánicas de unidades de albañilería ecológicas fabricadas con suelo-cemento en la ciudad de Trujillo*. Trujillo, Perú: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12759/684>
- Aguilar Alberca, E. D., & Quezada Zambrano, R. A. (2017). *Caracterización física y mecánica del adobe en el Cantón Cuenca*. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28143>
- Arias Odón, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica (6ta ed.)*. Caracas, Venezuela: EPISTEME, C.A.
- Barrantes Vega, W. A. (2013). *Efecto de la concentración de sólidos solubles de Aguamiel de cabuya (Furcraea andina) en las características sensoriales de una bebida destilada tipo tequila blanco*. *Cientifi-k*, 1(1), 47-61. doi:<https://doi.org/10.18050/cientifi-k.v1i1>
- Benites Zapata, V. B. (2017). *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina)*. Piura, Perú: Universidad de Piura. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/2993>
- Blondet, M., Vargas, J., Torrealva, D., & Rubiños, Á. (2010). *Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1053012/Manual-Construcci%C3%B3n-Adobe-reforzado-con-mallas.pdf.pdf>
- Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica (4ta ed.)*. Ciudad de México, México: Cengage Learning.
- Cervantes Meneses, L. G., & Cuya Inga, S. (2015). *Elaboración de miel del cabuya y estudio de prefactibilidad de una planta en el distrito de Huanca, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Cotrino Mendoza, A., Limay Silva, W., & López Alejandría, D. (2014). *Comparación de la resistencia a la compresión de unidades de adobe sin paja con unidades de adobe con paja en Cruz Blanca - Cajamarca*. *Revista Electrónica de la Facultad de Ingeniería*, 2(2), 1-15. Obtenido de <https://revistas.upn.edu.pe/refi/article/view/33>



De la Cruz Molina, R. F., & Guerrero Chupayo, L. C. (2012). Técnicas de protección en contrucciones de adobe con utilización de materiales propios de la zona, ante la exposición de lluvias, en el distrito de Lircay. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/223>

Estrella Charcopa, S. A. (2016). Estudio de un material compuesto a base de fibras naturales de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas de elementos de concreto reforzado. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3072>

*Florez Leon, F., & Limpe Zevallos, Y. (2019). Influencia de la fibra de maguey (*furcraea andina*) en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional, Cusco-2018. Cusco, Perú: Universidad Nacional de San Antonio de Abad del Cusco.*

Galarza Viera, J. L. (2020). Fábrica de tierra estabilizada con adición de fibra del bagazo de caña aplicado a viviendas rurales. Madrid, España: Universidad Politécnica de Madrid.

Gallardo Echenique, E. E. (2017). Metodología de la Investigación: manual autoinformativo interactivo. Huancayo, Perú: Universidad Continental. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4278>

Giada, G., Caponetto, R., & Nocera, F. (2019). Hygrothermal Properties of Raw Earth Materials: A Literature Review. Sustainability, 11(19), 21. doi:<https://doi.org/10.3390/su11195342>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). Ciudad de México, México: McGrawHill. Obtenido de <http://www.digitalrepositorio.com/items/show/2>

Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico. (2020). Evaluación de peligros geológicos por movimientos en masa en Alto Qosqo. Región Cusco, provincia Cusco, distrito San Sebastián. Cusco, Perú: INGEMMET. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12544/2797>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Cusco. Resultados definitivos de los censos nacionales 2017. Tomo XII. Lima, Perú: INEI. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1559/08TOMO_1_2.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Perfil Sociodemográfico del Perú. Lima, Perú: INEI. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1539/libro.pdf



Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). Resultados definitivos de los censos nacionales 2017. Tomo I. Lima, Perú: INEI. Obtenido de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1544/00TOMO_01.pdf

Instituto Nacional de Normalización. (1983). Hormigón. Ensayo de tracción por flexión. Santiago, Chile: INN. Obtenido de <https://tecnohorm.weebly.com/uploads/9/6/2/7/9627075/nch1038-1977.pdf>

López Daza, X., & Torbisco Ascue, D. B. (2020). Aprovechamiento de la fibra de cabuya para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la mezcla tradicional de adobe en una unidad de albañilería en el distrito de Abancay, departamento de Apurímac. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/654799>

Lozada, J. (2014). Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria. CienciAmérica, 3(1), 47-50.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Edificaciones antisísmicas de adobe. Obtenido de http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Manuales_guias/MANUAL%20ADOBE.pdf

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de https://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376

Montenegro Echevarría, M. S. (2019). Caracterización del adobe reforzado con fibras naturales y artificiales para la recuperación de construcciones tradicionales en la Comunidad de Zuleta. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17674>

More Silupu, J. A. (2019). Evaluación de las propiedades del adobe ante la exposición prolongada de agua por inundación en el centro poblado Pozo de los Ramos-Cura Mori-Piura, 2017. Piura, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/35512>



Norma Técnica Peruana 339.134. (1999). Suelos. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería (sistema unificado de clasificación de suelos, SUCS). Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/21097339134-sucs-3-pdf-free.html>

Norma Técnica Peruana 399.613. (2017). Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://pdfcoffee.com/ntp-399-613-pdf-5-pdf-free.html>

Norma Técnica Peruana 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de <https://pdfcookie.com/documents/ntp-400012-granulometria-eg27wgz9d0l0>

Norma Técnica Peruana 400.018. (2002). Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 um (N° 200) por lavado en agregados. Lima, Perú: El Peruano. Obtenido de https://kupdf.net/download/ntp-400018-materiales-que-pasan-la-malla-200_5d2f8c64e2b6f50a5b661891_pdf

Nureña Zavaleta, J. F. (2017). Influencia del estabilizante de cemento y tipos de suelos sobre la resistencia y durabilidad de un adobe constructivo, Trujillo. Trujillo, Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/11168>

Ocon Infante, J. (2013). Influencia del índice plástico en el contenido óptimo de humedad en suelos arcillosos. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/688>

Pedraza Teves, B. L. (2021). Evaluación del comportamiento físico mecánico de adobes artesanales con adición de hojas de palmera, Cusco 2021. Lima, Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66176>

Quintana Choqueluque, D. L., & Vera Salazar, M. O. (2017). Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50% 75% y 100%. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/1212>

Romero Coyago, J. A. (2021). Determinación de la resistencia a compresión de ladrillos macizos fabricados con diferentes tipos de arcilla del Cantón Pastaza y su comparación con el ladrillo común. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica Ambato.

Salinas Valdéz, E. J. (2017). Vivienda económica en adobe de 02 pisos. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/1939>



Saroza, B., Rodríguez, M. A., Menéndez, J. M., & Barroso, I. J. (2008). *Estudio de la resistencia a compresión simple del adobe elaborado con suelos procedentes de Crescencio Valdés, Villa Clara, Cuba. Informes de la Construcción*, 60(511), 41-47.
doi:<https://doi.org/10.3989/ic.2008.v60.i511.745>

Sucllar, E., & Paucara, J. (2018). *mplicancias en el uso del “maguey” (Agave americana L) y la “cabuya” (Furcraea occidentalis T) desde el horizonte tardío (inca): un continuo relacional enmarcado a partir del enfoque etnobotánico e histórico. Ciencia y Desarrollo*, 21(1), 57-68.
Obtenido de <https://pdfs.semanticscholar.org/8e64/b6e61c3660845f17e45712a73266e6cd295c.pdf>

Vyncke, J., Kupers, L., & Denies, N. (2018). *Earth as Building Material – an overview of RILEM activities and recent Innovations in Geotechnics. MATEC Web of Conferences*, 149(02001), 7.
doi:<https://doi.org/10.1051/mateconf/201814902001>

Zeas Solórzano, V. J., & Benalcázar Soto, M. G. (2021). *Mejoramiento de bloques de adobe con fibras de cabuya y aceite de linaza. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/37366>*