



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de muestras de adobe reforzadas con fibra natural de totora (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”

Trabajo de titulación, Modalidad proyecto experimental, presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil.

Autor: Santiago Alejandro Arias Rodríguez

Tutora: Ing. MSc. Maritza Elizabeth Ureña Aguirre

Ambato – Ecuador

Junio-2026

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil, con el tema: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”**, elaborado por el estudiante Santiago Alejandro Arias Rodriguez, portador de la cédula de ciudadanía número 0605056704, estudiante de la Carrera de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, junio 2026



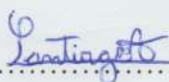
ING. MSC. MARITZA ELIZABETH UREÑA AGUIRRE

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Santiago Alejandro Arias Rodriguez**, con C.I. 0605056704 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente trabajo experimental con el tema: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del trabajo experimental, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, junio 2026



Santiago Alejandro Arias Rodriguez

C.I. 0605056704

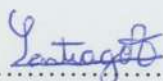
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, junio 2026



Arias Rodriguez Santiago Alejandro

C.I. 0605056704

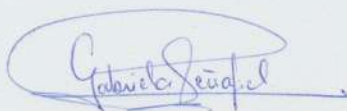
AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del trabajo experimental, realizado por el estudiante **Santiago Alejandro Arias Rodriguez**, de la Carrera de Ingeniería Civil bajo el tema: **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”**.

Ambato, junio 2026

Para constancia firma:



Ing. Lourdes Gabriela Peñafoel Valla, Mg.

C.C.: 1804420220

MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Mayra Alexandra Viscaino Cuzco, Mg.

C.C.: 1400546303

MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

A la madre Dolorosa
quien supo guiarme en mi camino y hacerme
sentir seguro de mis acciones.

A mis padres Paulina y Roberto y mis hermanas
Samanta y Rafaela por ser mi refugio
en el hogar y saber que siempre estarán
para apoyarme en mi vida.

A mis abuelitos Nancy, Jorge, Rafael y María
Por su eterno amor incondicional,
Por sus consejos de vida y ser otro pilar
fundamental en mi vida.

A Doménica, por ayudarme a ser mejor
persona y ser mi apoyo y
compañía en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la Madre Dolorosa, patrona de mi colegio, por ser mi guía y refugio en cada etapa de mi vida. Gracias por sostenerme con tu amor maternal, darme fuerza para superar los desafíos y acompañarme en el camino hacia mis metas. Hoy pongo este logro bajo tu amparo y te agradezco por las bendiciones recibidas.

A mis padres, Paulina y Roberto, por ser el pilar fundamental de mi vida. Gracias por creer en mí cuando más lo necesitaba, por apoyarme en cada etapa y por enseñarme, con su ejemplo y sacrificio, a luchar por mis sueños. Su amor, dedicación y confianza han sido esenciales para formarme como una persona de bien.

A mis hermanas, Samanta y Rafaela, por ser mis mejores amigas y compañeras de vida. Gracias por su cariño, apoyo y confianza. Ustedes son una de mis mayores motivaciones para esforzarme cada día, dar lo mejor de mí y ser un ejemplo del que puedan sentirse orgullosas. Siempre podrán contar conmigo.

A mis abuelitos, María y Rafael, quien descansa en paz, por todo el amor que me brindaron. Gracias por compartir conmigo sus historias, enseñanzas y sabiduría. Abuelo Rafael, aunque ya no estés físicamente, tu recuerdo permanece vivo en mi corazón y tu amor sigue siendo una guía, protección y luz en mi camino.

A mis segundos padres, mis abuelitos Jorge y Nancy, por abrirme las puertas de su hogar y de su corazón. Gracias por su apoyo incondicional, por sus enseñanzas, su compañía y por estar siempre presentes en los momentos más importantes de mi vida. Su cariño, generosidad y dedicación han sido fundamentales durante mi formación universitaria, y estaré eternamente agradecido por todo lo que han hecho por mí.

A mi novia Doménica, agradezco por su amor, por su paciencia y sobre todo su gran apoyo incondicional en mi camino académico y personal, tu firmeza y coraje me ayudaron a enfocarme en lo más importante y no desviarme en malos caminos.

A mis amigos Jonathan, Jeyline, Kevin, Ana Pau, Cesar y Monse, por su gran amistad desde que empecé mis estudios, compartir con todos ustedes fue la mejor experiencia e hicieron de mi vida mucho más divertida y alegre, llevo conmigo todos los recuerdos que compartí y gracias a ustedes por formar parte en mi camino.

A mis tutores Ing. Maritza Ureña y el Ing. Favio Portilla, por su apoyo en mi proceso de educación y contribuir en mi formación personal. Su compromiso y sabiduría fue primordial para lograr acabar esta etapa de mi vida.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, me acompañaron durante este camino, familia, tías, tíos, primos y allegados. Cada consejo, cada palabra de aliento y muestra de apoyo contribuyeron a que hoy alcance esta importante meta. Este logro también les pertenece a ustedes.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS	xvii
RESUMEN EJECUTIVO	xviii
ABSTRACT	xix
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
I. JUSTIFICACIÓN	1
II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	4
III. OBJETIVOS	8
A. OBJETIVO GENERAL	8
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	9
I. EQUIPOS Y MATERIALES	10
A. FASE I	10
B. FASE II	16
C. FASE III	17
II. MÉTODOS	21
A. FASE I	22
B. FASE II	35
C. FASE III	42

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	49
A. FASE I	49
A. FASE II	55
B. FASE III	58
II. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	81
A. HIPÓTESIS	81
B. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	81
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
I. CONCLUSIONES	82
II. RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
ANEXOS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Ubicación de Lugares de Extracción de Materiales.....	10
Fig. 2. Balanza Electrónica	11
Fig. 3. Horno Eléctrico.....	11
Fig. 4. Equipos y materiales para Contenido de Humedad	12
Fig. 5. Equipos y materiales para Granulometría.....	12
Fig. 6. Equipos y materiales para Granulometría.....	13
Fig. 7. Equipos y materiales para Límite Líquido.....	13
Fig. 8. Equipos y materiales para Límite Plástico.....	14
Fig. 9. Equipos y materiales para Granulometría por Hidrómetro.....	15
Fig. 10. Equipos y materiales para Gravedad Específica del Suelo	15
Fig. 11. Equipos y materiales para la elaboración de Adobe	17
Fig. 12. Equipos y materiales para la elaboración de Adobe	17
Fig. 13. Equipos y materiales para la elaboración de Adobe	17
Fig. 14. Balanza Electrónica	18
Fig. 15. Pie de Rey (Calibrador Vemier)	18
Fig. 16. Máquina de Compresión.....	18
Fig. 17. Máquina de Compresión.....	19
Fig. 18. Equipos para el Ensayo a Flexión.....	20
Fig. 19. Equipos y materiales para Ensayo de Absorción.....	20
Fig. 20. Equipos y materiales para Ensayo de Absorción.....	21
Fig. 21. Bodega de suelos para la venta	21
Fig. 22. Experimentación con la fibra de totora [8]	22
Fig. 23. Carta de plasticidad AASHTO [29].....	29
Fig. 24. Carta plasticidad SUCS [29].....	31
Fig. 25. Prueba de cinta [22]	36
Fig. 26. Prueba de resistencia seca [22]	36
Fig. 27. Prueba de resistencia seca [22]	37
Fig. 28. Medidas del molde para el ensayo a compresión.....	37
Fig. 29. Moldes cilíndricos para el ensayo a tracción indirecta	38
Fig. 30. Medidas del molde para el ensayo a flexión y ensayo de absorción	38
Fig. 31. Tamizado de Agregados	39
Fig. 32. Fibras de totora	40

Fig. 33. Mezcla del material.....	41
Fig. 34. reposo de la mezcla.....	41
Fig. 35. Moldeo de los adobes.....	42
Fig. 36. Etapas de secado y acopio de adobes.....	42
Fig. 37. Prueba de la resistencia del bloque de adobe.....	43
Fig. 38. Prueba de la resistencia a compresión del cubo de adobe	44
Fig. 39. Prueba de la resistencia a tracción indirecta del cilindro de adobe.....	45
Fig. 40. Prueba de la resistencia a flexión del bloque de adobe.....	47
Fig. 41. Prueba de la absorción del bloque de adobe	48
Fig. 42. Comparación de Contenido de Humedad Natural de los suelos.....	50
Fig. 43. Comparación de la Gravedad Específica de los suelos.....	50
Fig. 44. Clasificación Unificada de la granulometría de la tierra negra.....	51
Fig. 45. Clasificación Unificada de la granulometría de la tierra blanca	52
Fig. 46. Clasificación Unificada de la granulometría de la tierra cangahua	53
Fig. 47. Clasificación Unificada de la granulometría de la mezcla.....	54
Fig. 48. Comparación de los Límites de Atterberg de los suelos.....	55
Fig. 49. Prueba de cinta.....	56
Fig. 50. Prueba de cinta.....	56
Fig. 51. Prueba de cinta.....	56
Fig. 52. Prueba de cinta.....	57
Fig. 53. Ensayo empírico bolitas de barro.....	57
Fig. 54. Ensayo empírico bolitas de barro.....	57
Fig. 55. Ensayo empírico bolitas de barro.....	58
Fig. 56. Prueba de la resistencia del bloque de adobe.....	58
Fig. 57. Valores de resistencia a compresión media sin fibra de totora	59
Fig. 58. Valores de resistencia a compresión media con 0.25% fibra de totora	60
Fig. 59. Valores de resistencia a compresión media con 0.50 % de fibra de totora.....	61
Fig. 60. Valores de resistencia a compresión media con 0.75% de fibra de totora.....	61
Fig. 61. Valores de resistencia a compresión media con 1.00% de fibra de totora.....	62
Fig. 62. Promedio de valores de resistencia a compresión del adobe	63
Fig. 63. Valores de resistencia a tracción indirecta media sin fibra de totora.....	64
Fig. 64. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 0.25% de fibra de totora	65
Fig. 65. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 0.50% de fibra de totora	66
Fig. 66. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 0.75% de fibra de totora	67

Fig. 67. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 1.00% de fibra de totora	68
Fig. 68. Promedio de valores de resistencia a tracción indirecta del adobe	69
Fig. 69. Valores de resistencia a flexión media sin fibra de totora	70
Fig. 70. Valores de resistencia a flexión media con 0.25% de fibra de totora	71
Fig. 71. Valores de resistencia a flexión media con 0.50% de fibra de totora	72
Fig. 72. Valores de resistencia a flexión media con 0.75% de fibra de totora	72
Fig. 73. Valores de resistencia a flexión media con 1.00% de fibra de totora	73
Fig. 74. Promedio de valores de resistencia a flexión del adobe	74
Fig. 75. Valores de porcentaje de absorción media sin fibra de totora	75
Fig. 76. Valores de porcentaje de absorción media con 0.25% de fibra de totora	76
Fig. 77. Valores de porcentaje de absorción media con 0.50% de fibra de totora	77
Fig. 78. Valores de porcentaje de absorción media con 0.75% de fibra de totora	77
Fig. 79. Promedio de valores de porcentaje de absorción del adobe en 60 minutos.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD	11
TABLA II EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE GRANULOMETRÍA	12
TABLA III EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE LÍMITE LÍQUIDO	13
TABLA IV EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE LÍMITE PLÁSTICO.....	14
TABLA V EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO.....	14
TABLA VI EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO	15
TABLA VII EQUIPOS Y MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE ADOBE	16
TABLA VIII EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN	18
TABLA IX EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA.....	19
TABLA X EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO A FLEXIÓN.....	19
TABLA XI EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA	20
TABLA XII NÚMERO DE TAMIZ Y ABERTURAS	23
TABLA XIII CLASIFICACIÓN AASHTO PRIMER GRUPO [29]	28
TABLA XIV CLASIFICACIÓN AASHTO SEGUNDO GRUPO [29]	28
TABLA XV SUCS SUELO TIPO ARENA [29].....	30
TABLA XVI SUCS SUELO TIPO LIMO Y ARCILLA [29].....	31
TABLA XVII VALORES DE G_s SEGÚN EL TIPO DE SUELO.....	35
TABLA XVIII EJEMPLO DE DIMENSIONES MODULARES NTE INEN 3049 PT. 1 [25]	38
TABLA XIX NUMERO DE MUESTRAS DEL ADOBE PARA CADA ENSAYO.....	40
TABLA XX PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DEL CANTÓN CHAMBO	49
TABLA XXI GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CANTÓN CHAMBO.....	50
TABLA XXII ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 1.....	51
TABLA XXIII ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 2	52
TABLA XXIV ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 3	53

TABLA XXV ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 4	53
TABLA XXVI LÍMITE DE ATTERBERG DEL CANTÓN CHAMBO	55
TABLA XXVII COMPRESIÓN DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA.....	59
TABLA XXVIII COMPRESIÓN DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA.....	60
TABLA XXIX COMPRESIÓN DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA	60
TABLA XXX COMPRESIÓN DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA.....	61
TABLA XXXI COMPRESIÓN DE ADOBE CON 1.00% FIBRA DE TOTORA.....	62
TABLA XXXII PROMEDIO DEL ESFUERZO A COMPRESIÓN DE ADOBE.....	63
TABLA XXXIII TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA	64
TABLA XXXIV TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA.....	65
TABLA XXXV TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA.....	65
TABLA XXXVI TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA.....	66
TABLA XXXVII TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 1.00% FIBRA DE TOTORA	67
TABLA XXXVIII PROMEDIO DEL ESFUERZO A TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE	68
TABLA XXXIX FLEXIÓN DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA.....	70
TABLA XL FLEXIÓN DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA.....	71
TABLA XLI FLEXIÓN DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA	71
TABLA XLII FLEXIÓN DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA.....	72
TABLA XLIII FLEXIÓN DE ADOBE CON 1.00% DE FIBRA DE TOTORA.....	73
TABLA XLIV PROMEDIO DEL ESFUERZO A FLEXIÓN DE ADOBE	74
TABLA XLV ABSORCIÓN DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA	75
TABLA XLVI ABSORCIÓN DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA	76
TABLA XLVII ABSORCIÓN DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA	76
TABLA XLVIII ABSORCIÓN DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA.....	77
TABLA XLIX ABSORCIÓN DE ADOBE CON 1.00% DE FIBRA DE TOTORA	78
TABLA L PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE ADOBE EN 60 MINUTOS.....	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Anexo contenido de humedad de la tierra negra	89
Anexo 2. Anexo análisis granulométrico de la tierra negra	90
Anexo 3. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO	91
Anexo 4. Anexo límites de Atterberg de la tierra negra.....	92
Anexo 5. Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO.....	93
Anexo 6, Anexo gravedad Especifica de la tierra negra	94
Anexo 7. Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra negra	95
Anexo 8. Anexo contenido de Humedad de la tierra blanca	96
Anexo 9, Anexo análisis granulométrico de la tierra blanca.....	97
Anexo 10. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO	98
Anexo 11, Anexo límites de Atterberg de la tierra blanca	99
Anexo 12. Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO.....	100
Anexo 13. Anexo gravedad Especifica de la tierra blanca.....	101
Anexo 14, Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra blanca.....	102
Anexo 15, Anexo contenido de Humedad de la tierra cangahua	103
Anexo 16, Anexo análisis granulométrico de la tierra cangahua	104
Anexo 17. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO	105
Anexo 18, Anexo límites de Atterberg de la tierra cangahua	106
Anexo 19, Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO.....	107
Anexo 20, Anexo gravedad Especifica de la tierra cangahua	108
Anexo 21. Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra cangahua	109
Anexo 22. Anexo contenido de Humedad de la tierra mezcla	110
Anexo 23. Anexo análisis granulométrico de la tierra mezcla.....	111
Anexo 24. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO	112
Anexo 25. Anexo límites de Atterberg de la tierra mezcla	113
Anexo 26. Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO.....	114
Anexo 27. Anexo gravedad Especifica de la tierra mezcla.....	115
Anexo 28. Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra mezcla.....	116
Anexo 29. Anexo resistencia a la Compresión	117
Anexo 30. Anexo resistencia a la Tracción Indirecta.....	119
Anexo 31. Anexo resistencia a la Flexión.....	122
Anexo 32. Anexo porcentaje de Absorción	124

Anexo 33. Anexo registro Fotográfico.....	128
Anexo 34. Anexo ubicación de la Extracción de los materiales	133

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
E.080	Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización.
IP	Índice de plasticidad.
LL	Límite Líquido.
LP	Límite Plástico.
MC	Muestras Cubo
ML	Muestras Ladrillo
MP	Muestras Probeta
MA	Muestras Absorción
SUCS	Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo evaluó las propiedades físico-mecánicas del adobe convencional y del adobe reforzado con fibra natural de totora (*Schoenoplectus californicus*), tomando como referencia la Norma E.080 para analizar su aptitud como material de construcción sostenible. La investigación se desarrolló en tres fases: caracterización de los suelos del cantón Chambo mediante granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad y clasificación SUCS; elaboración de adobes con 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1.00% de fibra; y ejecución de ensayos de compresión, tracción indirecta, flexión y absorción a los 28 días.

La mezcla final presentó 79.71% de arena y 20.29% de finos, clasificándose como arena arcillosa (SC), con índice de plasticidad de 8.01%, lo que permitió un adecuado moldeo. En compresión, el adobe convencional alcanzó 19.86 kg/cm², superando el mínimo de 10.2 kg/cm² establecido por la Norma E.080; mientras que, en tracción indirecta, obtuvo 1.81 kg/cm², también mayor al valor mínimo de 0.81 kg/cm². La dosificación de 0.25% de fibra de totora alcanzó el mejor desempeño, con 26.92 kg/cm² en compresión y 2.39 kg/cm² en tracción indirecta.

En flexión, el mismo porcentaje llegó a 4.73 kg/cm², frente a 6.85 kg/cm² del adobe patrón. Las dosificaciones superiores redujeron la resistencia por vacíos, fisuras y menor compactación. En absorción, ninguna muestra completó 24 horas de inmersión. Se concluye que el 0.25% de fibra de totora es el porcentaje óptimo, siempre que el adobe sea protegido de humedad directa mediante sobrecimientos, aleros o recubrimientos que limiten el contacto del bloque con el agua durante su servicio.

Palabras Clave: SUELOS, REFUERZO NATURAL, ADOBE, FIBRA DE TOTORA, PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS.

ABSTRACT

This study evaluated the physical and mechanical properties of conventional adobe and adobe reinforced with natural totora reed (*Schoenoplectus californicus*) fiber, using the E.080 Standard as a reference to analyze its suitability as a sustainable building material. The research was conducted in three phases: characterization of the soils of the Chambo cantón using particle size distribution, Atterberg limits, moisture content, and Unified Soil Classification System (USCS); production of adobe bricks with 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75%, and 1.00% fiber; and execution of compression, indirect tensile, flexural, and 28-day absorption tests.

The final mixture contained 79.71% sand and 20.29% fines, classifying it as clayey sand (CS), with a plasticity index of 8.01%, which allowed for adequate molding. In compression, the conventional adobe reached 19.86 kg/cm², exceeding the minimum of 10.2 kg/cm² established by Standard E.080; while in indirect tension, it obtained 1.81 kg/cm², also higher than the minimum value of 0.81 kg/cm². The dosage of 0.25% totora fiber achieved the best performance, with 26.92 kg/cm² in compression and 2.39 kg/cm² in indirect tension.

In flexure, the same percentage reached 4.73 kg/cm², compared to 6.85 kg/cm² for the standard adobe. Higher dosages reduced resistance due to voids, cracks, and less compaction. In absorption, no sample completed 24 hours of immersion. It is concluded that 0.25% totora fiber is the optimal percentage, provided that the adobe is protected from direct moisture by means of foundations, eaves or coverings that limit the contact of the block with water during its service.

Keywords: SOILS, NATURAL REINFORCEMENT, ADOBE, TOTORA FIBER, PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

I. JUSTIFICACIÓN

La tierra, cuando se emplea como material de construcción, recibe diversas denominaciones. En términos científicos se conoce como barro o suelo arcilloso y consiste en una mezcla de arcilla, limo (arena muy fina), arena y, ocasionalmente, agregados de mayor tamaño como grava o piedras. Para los ladrillos hechos a mano y no cocidos, se utilizan los términos "ladrillos de barro" o "adobes". A nivel global, particularmente en regiones con climas templados y cálidos-secos, la tierra se ha consolidado históricamente como un material de construcción predominante. En la actualidad, se estima que un tercio de la población mundial habita en edificaciones de tierra, cifra que supera el cincuenta por ciento en los países en vías de desarrollo. La tierra destaca por su abundancia y accesibilidad, siendo frecuentemente obtenida in situ durante los procesos de excavación [1].

América Latina posee un vasto patrimonio arquitectónico que refleja la evolución de civilizaciones prehispánicas, coloniales y modernas, consolidando una identidad cultural cimentada, en gran medida, en el uso de materiales tradicionales como la piedra y el adobe. No obstante, este legado enfrenta una amenaza crítica derivada de la alta actividad telúrica característica de la región, la cual expone la vulnerabilidad estructural de las edificaciones históricas frente a eventos sísmicos recurrentes [2].

En el contexto peruano, las edificaciones tradicionales de adobe y los templos de carácter histórico exhiben una marcada susceptibilidad estructural. Esta problemática se atribuye principalmente a las propiedades mecánicas deficientes de la matriz de suelo, la debilidad en las juntas de mortero y la ausencia de sistemas de confinamiento o refuerzo interno. Asimismo, la proliferación de estructuras de entramado de arcilla ejecutadas bajo la modalidad de autoconstrucción incrementa exponencialmente el nivel de riesgo sísmico ante esfuerzos laterales. Con el propósito de mitigar estas deficiencias técnicas y estandarizar los criterios de seguridad estructural, se implementó la norma técnica E.080, la cual regula los parámetros de diseño y los lineamientos constructivos específicos para edificaciones de tierra reforzada [3].

En la región interandina de Ecuador, la persistencia de la arquitectura de adobe se ve amenazada por vulnerabilidades de origen endógeno y exógeno. La acción de fenómenos naturales, la ausencia de mantenimiento continuo y la ejecución de intervenciones constructivas deficientes han acelerado la aparición de patologías estructurales en los elementos portantes de

tierra. Esta problemática se agrava debido al limitado conocimiento técnico sobre el comportamiento mecánico de los materiales tradicionales; como consecuencia, durante los procesos de rehabilitación, se tiende a sustituir los sistemas originarios por materiales industrializados contemporáneos. Esta práctica no solo altera de forma irreversible la tipología arquitectónica tradicional, sino que provoca la pérdida progresiva del patrimonio intangible y de los saberes constructivos ancestrales dentro de las comunidades rurales [4].

En Ecuador, la revalorización de estas técnicas ha impulsado el estudio de aditivos naturales y sintéticos para optimizar el desempeño físico-mecánico del adobe, con el objetivo de incrementar su capacidad resistente ante sollicitaciones externas. Ante la ausencia de una normativa nacional para ensayos experimentales con el fin de determinar parámetros críticos como las resistencias a compresión, tracción indirecta, flexión y absorción surge de una necesidad técnica imperativa. Por esta razón, se adopta como referente técnico la Norma NTP E.080 "Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" del Perú, la cual valida la adición de fibras naturales para mitigar la fisuración por contracción y mejorar la durabilidad del bloque [5].

El suelo del cantón Chambo registra un 0.33% de su superficie total (54.04 hectáreas) condicionado a la explotación de ladrillos cerámicos. En la actualidad, el 0.28% de la extensión cantonal (46.60 hectáreas) se encuentra bajo explotación activa para mampostería, dejando 7.44 hectáreas al descubierto debido a la extracción de la tierra negra. La tierra que se ocupa para la elaboración de los ladrillos a parte de la tierra negra, se utiliza la tierra blanca y tierra cangahua, estos suelos son homogeneizados y luego cocidos para la venta, por lo que su proceso de elaboración es similar al del adobe, por lo que se va a tomar como referencia para la elaboración del material propuesto y también la utilización de estos tres tiempos de suelo [6].

La incorporación de fibra vegetal en matrices de suelo optimiza de manera multifuncional la respuesta física y mecánica de los bloques. El propósito fundamental de esta adición radica en incrementar la adherencia interfacial con estructuras auxiliares y mitigar la contracción por secado en suelos de alta plasticidad, previniendo así el agrietamiento estructural. Específicamente, la inclusión de fibra aporta notables mejoras operativas en el comportamiento del compuesto: ductilidad, aislamiento térmico y comportamiento estructural [7].

La caracterización y exploración de la fibra de totora permiten investigar soluciones de diseño e innovaciones formales mediante la combinación de matrices materiales y procesos tecnológicos contemporáneos. A pesar de la abundancia de este recurso en las zonas de origen, actualmente en el país apenas el 20% de los entornos de humedales son aprovechados por

núcleos familiares de artesanos y comerciantes. Estos sectores fundamentan su economía y sustento directo en la explotación de la fibra de totora, aplicando habilidades técnicas y saberes ancestrales transmitidos de manera generacional [8].

La presente investigación aportará al campo de la ingeniería de materiales y construcción con tierra mediante la evaluación físico-mecánica, permitirá generar información experimental sobre propiedades como la resistencia a compresión, flexión, tracción indirecta y absorción en el contexto de la región interandina ecuatoriana. Además, contribuirá como referencia técnica para futuras investigaciones relacionadas con materiales vernáculos y sistemas constructivos sostenibles, tomando como base criterios establecidos en la norma peruana NTE E.080 [22].

Al incorporar fibra de totora en la mezcla para la elaboración de adobe, se buscará mejorar el comportamiento mecánico del material, reduciendo la fisuración y aumentando su ductilidad frente a solicitaciones estructurales. Asimismo, el uso de este recurso natural renovable representa una alternativa sostenible que promueve el aprovechamiento de materiales locales y la disminución del impacto ambiental generado por materiales de construcción convencionales. Los resultados de esta investigación podrán beneficiar a comunidades rurales e interandinas del Ecuador al promover el uso de un material constructivo ecológico, económico y potencialmente más resistente. De igual manera, el estudio contribuirá a la conservación de técnicas constructivas tradicionales y al desarrollo de viviendas con mejores condiciones de seguridad y habitabilidad para sectores con acceso limitado a materiales industrializados.

II. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

A nivel regional, la dosificación de componentes en el adobe convencional exhibe variaciones significativas vinculadas a la disponibilidad de materiales y condiciones climáticas locales. En América Latina, se registra el uso frecuente de mezclas compuestas por 15% de arcilla, 32% de limo, 30% de arena y 23% de grava, complementadas con estabilizantes orgánicos como paja o aserrín para optimizar el desempeño mecánico del bloque. Estas proporciones se modifican drásticamente según el entorno geográfico. En Bolivia, las particularidades de los suelos arenosos y climas gélidos determinan configuraciones con un 60% de arcilla, un 20% de la fracción combinada de arena y limo, y una dosificación mínima de material vegetal. Evaluaciones en zonas urbanas de Perú muestran matrices donde la fracción gruesa oscila entre el 30% y 40%, mientras que los finos representan entre el 60% y 70%, clasificándose como arcillas de baja plasticidad (CL). No obstante, se han detectado muestras con contenidos de arcilla inferiores al rango recomendado (10%-20%), lo que compromete la estabilidad del elemento. En el contexto ecuatoriano, estudios en el Centro Histórico de Quito identificaron perfiles compuestos por 3.4% de grava, 28.6% de arena y 67.6% de finos, categorizando el suelo como arcilla limosa de baja plasticidad (CL-ML). Pero varios investigadores indicaron que la composición ideal para un excelente desarrollo de producción de adobe se sitúa en rangos de 55%-75% de arena, 10%-28% de limo y 15%-18% de arcilla. Albuja-Sánchez, J.; Damián-Chalán, A [9].

Según Alania Lino, Calin [10], al incorporar tierra proveniente de sedimentos de huayco en diferentes proporciones sobre la resistencia a la compresión del adobe, obtuvo resultados que evidenciaron un incremento significativo de la resistencia mecánica, alcanzando una resistencia promedio de 13,23 kg/cm² en las muestras modificadas, frente a 10,24 kg/cm² de las muestras patrón. Demostrando que la sustitución parcial y total del suelo virgen por sedimentos de huayco mejora notablemente la resistencia a la compresión del adobe, constituyendo una alternativa técnica y sostenible para la construcción con materiales de tierra.

Según Brito del Pino, José Francisco y Santamaría Herrera, Nathalie Madeleine [5], como objetivo fue realizar una revisión del estado del arte del adobe como material de construcción sostenible y proponer una metodología técnica para su elaboración mediante el uso de fibras naturales y ensayos de caracterización del suelo. El estudio recopiló investigaciones relacionadas con estabilización del adobe utilizando fibras como yute, maguey y caña natural, reportándose incrementos en la resistencia a compresión de hasta 91.20% y mejoras en flexión

de hasta 58.24% con fibras naturales. Asimismo, se destacó que la incorporación de aditivos naturales contribuye a mejorar la durabilidad y el comportamiento físico-mecánico del adobe.

Analizando más a fondo sobre los estudios en relación con la fabricación de adobes con adición de la totora, la investigación de Calisaya Quispe, M. M., & Gomez Fernandez, P. O. [11], busco reducir la absorción de agua y mejorar el comportamiento mecánico del material y para ello, empleo fibras de totora cortadas en longitudes de 5 cm, con espesores entre 5 mm y 1 cm, adicionadas en una proporción de 1.5%, junto con dosificaciones de cal de 5% y 10% y sus resultados evidenciaron el incremento la resistencia al agua en un 40% frente a la mezcla tradicional de tierra, asimismo, los resultados mostraron resistencias a compresión de 13.82 kg/cm² y 12.93 kg/cm² para las mezclas estabilizadas, superando el mínimo de 10.2 kg/cm² exigido por la norma E.080.

Pero existen otras investigaciones en donde utilizan diferentes porcentajes de la fibra obteniendo un diferente resultado, tal como no muestra Malasquez Aburto, E. R., & Ramirez Lujan, W. [12], en donde evaluó el comportamiento físico y mecánico estabilizadas con fibras naturales en proporciones del 2%, 3.5% y 5% respecto al peso seco. Los resultados mostraron que la adición de 2% de totora incrementó la resistencia a compresión hasta 15.18 kg/cm², en comparación con el adobe convencional de 14.25 kg/cm². Asimismo, la absorción disminuyó de 24.28% en el adobe patrón a 18.42% con totora, evidenciando además menor erosión frente a humedad e inundaciones.

Conforme se muestran los estudios, el aumento de la fibra de totora disminuye sus capacidades mecánicas, pero si es menor la cantidad, puede llegar a mejorar, según lo indicado por Franco Asencios, M. O., & Montoya Diaz, L. J. [13], el cual estabilizó la matriz de tierra utilizando fibras cortadas en medidas establecidas con un grosor de 1 cm a 2 cm, ensayando dosificaciones del 0.4%, 0.7% y 1%, determinando que la adición del 0.7% constituye el diseño óptimo, alcanzando una resistencia a la compresión de 14.433 kgf/cm² en unidades individuales y de 6.734 kgf/cm² en compresión de pilas.

En contraste con las otras investigaciones, Ccolla Ccolla, D. [14], evaluó la influencia de la fibra de totora en las propiedades térmicas y mecánicas del adobe para viviendas ubicadas en climas fríos de la región Puno, demostró que la adición de 3.5% de fibra triturada y separada en diferentes tiras sin dimensiones definidas, incrementó la resistencia mecánica del adobe en 51.50%, mientras que con 1.7% se obtuvo un aumento de 0.42%. Asimismo, las muestras

reforzadas presentaron mejoras en el aislamiento térmico y reducción de la permeabilidad a la humedad.

Por otra parte, Colque Lipa, J., & Ordoño Quilca, J. G. [15], realizó un estudio sobre la influencia de la adición de fibra de cabuya y totora reciclada en las propiedades físico-mecánicas de muros de adobe en el distrito de Putina, Puno, incorporando fibras de totora troceadas en longitudes de 4 cm y espesores aproximados entre 5 mm y 1 cm, previamente sometidas a remojo con cal y secado. Los resultados mostraron que la dosificación óptima fue de 0.8% de cabuya y 0.6% de totora, alcanzando una resistencia a compresión de 24.8 kg/cm², equivalente a un incremento de 147.75% respecto al adobe patrón de 10.01 kg/cm².

Con respecto a las dimensiones que puede tener la fibra de totora, tal como la investigación de Laime Ancalle, G. [16], tuvo como objetivo evaluar la mejora del comportamiento físico y mecánico de las unidades de adobe mediante la incorporación de la fibra en dosificaciones del 1.5%, 3.0% y 4.5% y sacando diferentes tiras sin medidas de grosor específicas, como resultado evidenciaron incrementos en la resistencia a compresión de 85.33%, 111.88% y 138.08%, respectivamente, alcanzando una resistencia máxima de 34.26 kg/cm² con 4.5% de fibra. Asimismo, la resistencia a flexión aumentó hasta 147.66% respecto al adobe patrón.

Según el estudio Aldana Montenegro, F. M. [17], De la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, consistió en estabilizar unidades de adobe prensado para mejorar su capacidad resistente y reducir sus problemas de permeabilidad mediante la incorporación de cal y fibra de totora, la totora se sometió a un proceso de desfibrado, empleando medidas que consistieron en un espesor de 2 mm y una longitud variable entre 1 cm y 3 cm evidenciaron que la combinación óptima corresponde a la dosificación de 4% de fibra de totora y 5% de cal, incrementando la resistencia a la compresión a 13.65 kg/cm², superando en un 23.87% a la muestra patrón de 11.02 kg/cm².

De manera complementaria, Medina Cercado [18], tuvo como objetivo general evaluar el efecto de la incorporación de fibras de vaina de bambú (en longitudes de 4, 5 y 6 cm; y dosificaciones de 0.5%, 0.75% y 1.0% respecto al peso del suelo seco) sobre la capacidad mecánica de dichas unidades, Los ensayos de laboratorio evidenciaron que el adobe patrón alcanzó resistencias medias de 8.47 kg/cm² a compresión y 15.51 kg/cm² a flexión. Al incorporar las fibras, la resistencia máxima a compresión ascendió a 19.40 kg/cm² empleando fibras de 5 cm al 0.75%, mientras que la resistencia máxima a flexión llegó a 26.60 kg/cm² con fibras de 5 cm al 0.5%.

Otro aporte en relación con propiedades mecánicas del adobe de Masco Ninameza [19], en su investigación titulada *"Análisis comparativo de propiedades en muros de adobe reforzado con fibra de alpaca y avena en C.P Pucachupa, Puno-2022"*, empleó fibras cortadas a una longitud estandarizada de 5 cm, evaluando dosificaciones del 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0%. dando como resultado a la dosificación del 1.0% logrando resistencias máximas a compresión de 23.37 kg/cm² con un incremento del 45.97% respecto a la muestra patrón y 8.83 kg/cm² a la compresión axial en pila con un incremento del 77.00% concluyendo que la incorporación de estas fibras orgánicas de 5 cm influye de manera altamente positiva y significativa en el comportamiento mecánico de las estructuras de tierra.

En la Universidad de Huanuco, Echevarría Ortega [20], evaluó el impacto de la adición de fibras de las hojas secas de la corona de piña en la capacidad de tracción del mortero empleado en la unión de bloques de barro secado al sol con dosificaciones del 3%, 5% y 7% en función al peso húmedo de la mezcla, dando como resultado la resistencia promedio a las fuerzas de tracción de la muestra patrón fue de 0.121 kg/cm². Al incorporar el material orgánico, los esfuerzos resistidos se incrementaron a 0.138 kg/cm² para el 3%, 0.149 kg/cm² para el 5%, y alcanzaron un desempeño mecánico óptimo de 0.170 kg/cm² con la dosificación del 7%.

Y en el contexto ecuatoriano, Según Ramírez Sánchez, Darío Omar [21], el objetivo general fue determinar las propiedades térmicas del adobe y la caña guadua para evaluar su desempeño en el acondicionamiento térmico de viviendas mediante estrategias pasivas y simulaciones energéticas. El estudio determinó experimentalmente propiedades como calor específico y conductividad térmica utilizando calorimetría diferencial de barrido (DSC), obteniéndose para el adobe valores de calor específico de 2601.794 J/kg·K y densidad de 1950.286 kg/m³. Los resultados de simulación mostraron porcentajes de satisfacción térmica de hasta 94.23% para el adobe en la región Sierra, superando a materiales convencionales como el concreto.

III. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Evaluación de las propiedades físico – mecánicas de muestras de adobe reforzadas con fibra natural de totora (*schoenoplectus californicus*), con la realización de ensayos experimentales con el fin de analizar su comportamiento estructural y su aplicación en construcciones sostenibles y ambientalmente responsables.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1) Determinar las propiedades físicas de los suelos mediante los diferentes ensayos del laboratorio como son: Granulometría, Límites de Atterberg y contenido de humedad, para la elaboración de muestra de adobe con y sin adición de las fibras de totora.
- 2) Elaborar muestras adobes de tierra con adición de diferentes porcentajes fibra de totora en 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75% y 1% para obtener su resistencia compresión, tracción indirecta, flexión y porcentaje de absorción a la edad de los 28 días.
- 3) Realizar un análisis comparativo de los resultados experimentales obtenidos de los ensayos de laboratorio con la finalidad de obtener el porcentaje óptimo de fibra de totora que mejore el comportamiento estructural de los adobes.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

El desarrollo experimental de la presente investigación se estructuró secuencialmente en tres fases operacionales, formuladas en estricta consonancia con los objetivos específicos establecidos para la validación físico-mecánica del mampuesto. Como se muestra en la Fig. 1, se determinó la procedencia y el tratamiento preliminar de las materias primas: el suelo, el agua y la fibra de totora. Para la obtención del suelo base, se seleccionó del cantón Chambo, zona geográfica que concentra una importante actividad artesanal dedicada a la producción de ladrillos cerámicos, cuyo proceso de moldeado del barro guarda homología con la fabricación del adobe tradicional, se recolectaron las tres tipologías diferenciadas de suelo empleadas recurrentemente por los artesanos de la región: tierra blanca, tierra negra y cangahua, las cuales fueron sometidas a procesos de tamizado para eliminar fracciones macroscópicas. Por otra parte, el material de refuerzo natural, correspondiente a la fibra de totora, se recolectó en la parroquia San Gerardo en colaboración con artesanos locales dedicados al procesamiento artesanal de la planta, cuya proliferación natural se concentra de forma endémica en las riberas de ríos o lagunas de la zona. Los tallos húmedos se sometieron al proceso de secado que recomiendan por 15 días, optimizando así la adherencia con el barro y previniendo su descomposición interna. Finalmente, el agua potable, donde el agua debe estar limpia y completamente libre de materia orgánica, sales solubles, ácidos o sólidos en suspensión.

La Fase I se orientó a establecer las propiedades físicas y la caracterización geotécnica de los tres diferentes tipos de suelo mediante ensayos normalizados, permitiendo determinar la combinación y mezcla óptima conjunto con la fibra de totora y el agua. Posteriormente, en la Fase II se procedió con la elaboración del adobe siguiendo las dimensiones geométricas estipuladas por la normativa técnica de referencia y dosificando variaciones porcentuales controladas de la fibra de totora en cada masa fresca. Finalmente, la Fase III se centró en la evaluación de las propiedades mecánicas e hidráulicas del material a los 28 días de curado controlado, con el propósito de efectuar un análisis comparativo formal entre los adobes tradicionales y los adobes con adición de fibra de totora para validar su eficiencia estructural.

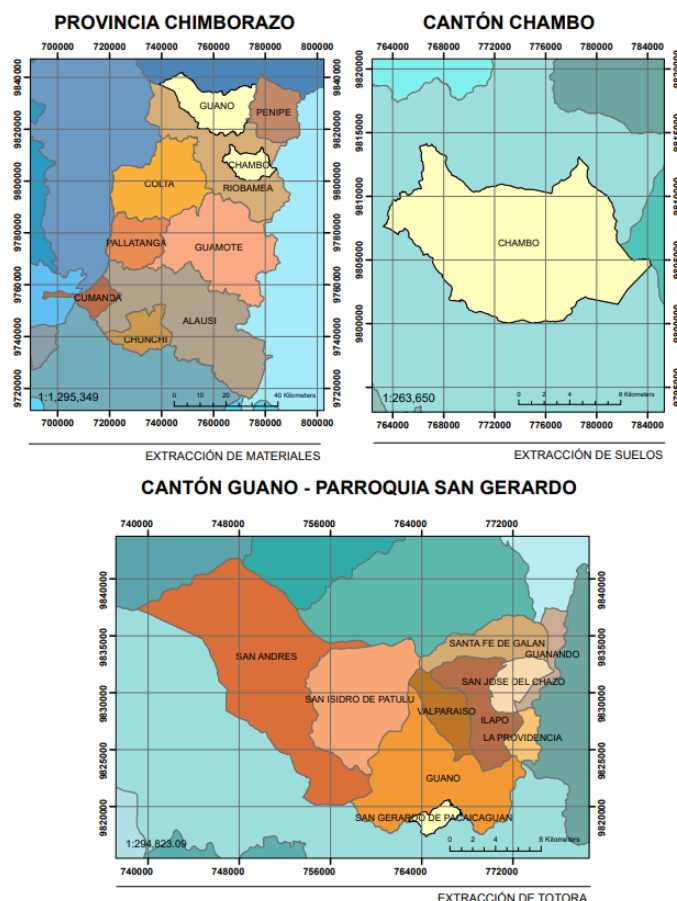


Fig. 1. Ubicación de Lugares de Extracción de Materiales

I. EQUIPOS Y MATERIALES

A. FASE I

Siguiendo la primera fase, se describe los equipos y materiales utilizados según las normas ASTM (American Society for Testing and Materials), INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos); cumpliendo los estándares establecidos por cada normativa para obtener un buen resultado. Los equipos principales que se ocuparon para los diferentes ensayos fueron: una balanza electrónica sensible a 0.5 gr de la Fig. 2 y un horno eléctrico cuya temperatura sea de 105 °C a 110 °C de la Fig. 3.



Fig. 2. Balanza Electrónica



Fig. 3. Horno Eléctrico

1) Ensayo Contenido de Humedad

TABLA I
EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DEL SUELO Y LA ROCA EN MASA		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
ASTM D2216-19	Balanza Electrónica	Marca: Shimadzu (Fig. 2)
	Horno Industrial (105°C ± 5°C)	Marca: Quincy Lab. (Fig. 3)
	Recipientes de contenido de humedad	Marca: S/N (Fig. 4)
	Muestras de Suelo	Origen: Proveniente del Cantón Chambo



Fig. 4. Equipos y materiales para Contenido de Humedad

2) Ensayo de Granulometría

TABLA II
EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE GRANULOMETRÍA

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL ANÁLISIS DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA DE LOS SUELOS		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
ASTM D422-63	1000 gr de muestra seca	Origen: Proveniente del Cantón Chambo
	Tamices: #3/8", #4, #10, #16, #30, #40, #60, #100, #200 y Fuente	Marca: Shimadzu (Fig. 5)
	Brocha	
	Recipientes	Marca: S/N (Fig. 5)
	Tamizadora Electrónica	Marca: Controls (Fig. 6)
	Balanza Electrónica	Marca: Shimadzu (Fig. 2)



Fig. 5. Equipos y materiales para Granulometría



Fig. 6. Equipos y materiales para Granulometría

3) Ensayo de Límite Líquido

TABLA III
EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE LÍMITE LÍQUIDO

MÉTODOS DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
ASTM D4318-17	100 gr de muestra seca que pase por el tamiz #200	Origen: Proveniente del Cantón Chambo
	Copa Casa Grande	Marca: S/N (Fig. 7)
	Mortero	Marca: S/N (Fig. 7)
	Acanalador	Marca: S/N (Fig. 7)
	Espátula	Marca: Controls (Fig. 7)
	Pestillo	Marca: S/N (Fig. 7)
	Recipientes	Marca: S/N (Fig. 7)
	Balanza Electrónica	Marca: Shimadzu (Fig. 2)
	Horno Industrial (105°C ± 5°C)	Marca: Quincy Lab. (Fig. 3)



Fig. 7. Equipos y materiales para Límite Líquido

4) Ensayo de Límite Plástico

TABLA IV
EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE LÍMITE PLÁSTICO

MÉTODOS DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
ASTM D4318-17	100 gr de muestra seca que pase por el tamiz #200	Origen: Proveniente del Cantón Chambo
	Mortero	Marca: S/N (Fig. 8)
	Placa de Vidrio	Marca: S/N (Fig. 8)
	Espátula	Marca: Controls (Fig. 8)
	Pestillo	Marca: S/N (Fig. 8)
	Recipientes	Marca: S/N (Fig. 8)
	Balanza electrónica	Marca: Shimadzu (Fig. 2)
	Horno Industrial (105°C ± 5°C)	Marca: Quincy Lab. (Fig. 3)



Fig. 8. Equipos y materiales para Límite Plástico

5) Ensayo de Granulometría por Hidrómetro

TABLA V
EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA DETERMINACION DE GRANULOMETRÍA POR HIDRÓMETRO

Método de Ensayo Estándar para la Distribución del Tamaño de Partículas (Granulometría) de Suelos de Grano Fino Utilizando el Análisis por Sedimentación (Hidrómetro)		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
ASTM D7928	50 gr de muestra seca que pase por el tamiz #200	Origen: Proveniente del Cantón Chambo
	10 gr de Defloculante	Marca: Hexametáfosfato de Sodio (Fig. 9)
	Agua Destilada	Marca: S/N (Fig. 9)
	Hidrómetro	Marca: 152H (Fig. 9)
	Probetas Graduadas de Vidrio	Marca: Tekk (Fig. 9) Capacidad: 1000 ml
	Vaso de Precipitados	Marca: Kimax (Fig. 9) Capacidad: 1000 ml
	Termómetro (-10°C; 400°C)	Marca: Propper (Fig. 9)

	Recipientes	Marca: S/N (Fig. 9)
	Balanza Electrónica	Marca: Shimadzu (Fig. 2)
	Horno Industrial ($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)	Marca: Quincy Lab. (Fig. 3)



Fig. 9. Equipos y materiales para Granulometría por Hidrómetro

6) Ensayo de Gravedad Específica del Suelo

TABLA VI
EQUIPOS Y MATERIALES PARA LA GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO

GRAVEDAD ESPECIFICAS DEL SUELO		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
ASTM D854	50 gr de muestra seca que pase por el tamiz #200	Origen: Proveniente del Cantón Chambo
	Embudo	Marca: K de casa pica (Fig. 10)
	Pipeta	Marca: S/N (Fig. 10)
	Picnómetro de 500ml	Marca: LABGLASS (Fig. 10)
	Termómetro (-10°C ; 400°C)	Marca: Propper (Fig. 10)
	Balanza Electrónica	Marca: Shimadzu (Fig. 2)
	Horno Industrial ($105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$)	Marca: Quincy Lab. (Fig. 3)



Fig. 10. Equipos y materiales para Gravedad Específica del Suelo

B. FASE II

Para esta segunda fase, se realizará la preparación de la mezcla siguiendo los porcentajes elegidos para la elaboración de los adobes, las dimensiones de los bloques se establecerán conforme a lo señalado en la norma ecuatoriana NEC-SE-VIVIENDA [23], la cual, indica que se deberán seguir los procedimientos establecidos en la norma peruana NTP E.080. [22]

Para los ensayos a flexión y absorción de humedad, las medidas no se encuentran especificadas en la norma NTP E.080 [22], por lo tanto, se utilizará lo que indican en la norma ecuatoriana NTE INEN 3049, medidas comerciales normadas para mampostería maciza. [25]

TABLA VII
EQUIPOS Y MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE ADOBE

Proceso para la Elaboración de Adobe		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
NTP E.080 NEC-SE-VIVIENDA NTE INEN 3049-Pt.1	Suelos	Origen: Proveniente del Cantón Chambo (Fig. 11)
	Agua	Agua Potable libre de impurezas (Fig. 11)
	Moldes de Madera	Dimensión 1: 10 cm*10cm*10cm dimensión 2: 30cm*15cm*6cm (Fig. 12)
	Molde para probetas cilíndricas	Dimensión: 15.24cm de diámetro 30.48cm de largo (Fig. 13)
	Aceite quemado de Carro	Para evitar adherencias en los moldes (Fig. 12)
	Fibra de Totorá	Origen: Proveniente de la parroquia San Gerardo (Fig. 11)
	Balanza Electrónica	Marca: (Fig. 12)
	Plástico	Marca: S/N (Fig. 11)
	Zaranda	Marca: S/N (Fig. 11)
	Guantes de Caucho	Marca: S/N (Fig. 12)
	Botas de Caucho	Marca: S/N (Fig. 11)
	Palas	Marca: S/N (Fig. 11)
	Carretilla	Marca: S/N (Fig. 11)
	Enrazadora	Marca: S/N (Fig. 12)



Fig. 11. Equipos y materiales para la elaboración de Adobe

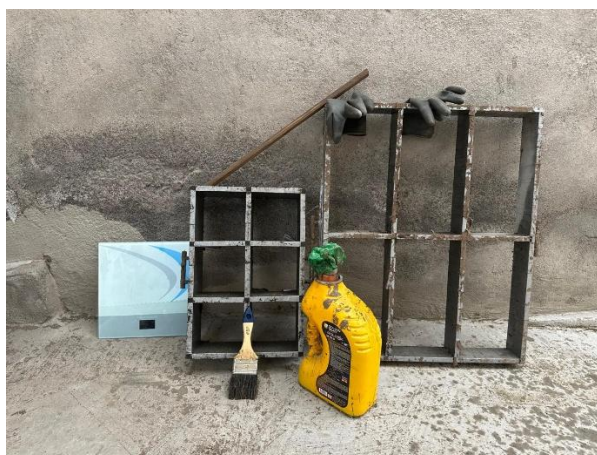


Fig. 12. Equipos y materiales para la elaboración de Adobe



Fig. 13. Equipos y materiales para la elaboración de Adobe

C. FASE III

En esta última fase se realizarán los ensayos mecánicos determinados en los objetivos para analizar los resultados y compararlos. Dado que el reglamento peruano no indica

específicamente las normas para los ensayos, se tomará como base las normas para mampostería cerámica o ladrillos cocidos de diferentes partes como la ASTM, NTE INEN y PNTP peruana.

1) Resistencia a Compresión

TABLA VIII
EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA ESTRUCTURAL		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
NTE E.080 PNTP 399.613 NTE INEN 3049 Pt.5 ASTM C67-05	Balanza Electrónica	Marca: S/N (Fig. 14)
	Pie de Rey (o Calibrador Vernier)	Marca: Vemier (Fig. 15)
	Máquina de Compresión	Marca: SHIMADZU Concreto 2000x (Fig. 16)



Fig. 14. Balanza Electrónica



Fig. 15. Pie de Rey (Calibrador Vemier)



Fig. 16. Máquina de Compresión

2) Resistencia a Tracción Indirecta Ensayo brasileño

TABLA IX
EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO DE RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA ESTRUCTURAL		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
NTE E.080 ASTM C496	Flexómetro	Marca: (fig. 11)
	Balanza Electrónica	Marca: S/N (Fig. 14)
	Pie de Rey (o Calibrador Vernier)	Marca: S/N (Fig. 15)
	Máquina de Compresión	Marca: SHIMADZU Concreto 2000x (Fig. 17)



Fig. 17. Máquina de Compresión

3) Módulo de Rotura (Ensayo a Flexión)

TABLA X
EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO A FLEXIÓN

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA ESTRUCTURAL		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
PNTP 399.613 NTE INEN 3049 Pt.5 ASTM C67-05	Placa de metal	Dimensión: 6mm de espesor 4cm de largo y ancho igual a la muestra
	Rodillos lisos metálicos	Dimensión: 18 mm de diámetro, largo igual a la muestras
	Flexómetro	Marca: (fig. 11)
	Balanza Electrónica	Marca: S/N (Fig. 14)
	Pie de Rey (o Calibrador Vernier)	Marca: S/N (Fig. 15)
	Máquina de Compresión	Marca: SHIMADZU Concreto 2000x (Fig. 17)



Fig. 18. Equipos para el Ensayo a Flexión

4) Ensayo de Absorción

TABLA XI
EQUIPOS Y MATERIALES PARA ENSAYO DE ABSORCIÓN DE AGUA

MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA MUESTREO Y PRUEBA DE LADRILLOS Y TEJAS DE ARCILLA ESTRUCTURAL		
NORMA	MATERIALES Y QUIPOS	DETALE
PNTN 399.613 NTE INEN 3049 Pt.5 ASTM C67-05	Agua	Agua Potable libre de impurezas (Fig. 19)
	Recipiente de inmersión	Marca: (fig. 19)
	Flexómetro	Marca: S/N (fig. 11)
	Balanza Electrónica	Marca: PRETUL (Fig. 20)
	Pie de Rey (o Calibrador Vernier)	Marca: S/N (Fig. 15)
	Cronómetro	Aplicación del Celular



Fig. 19. Equipos y materiales para Ensayo de Absorción



Fig. 20. Equipos y materiales para Ensayo de Absorción

II. MÉTODOS

Para la parte preliminar de las fases, lo primero que se debe hacer es la recolección de la muestra, en este caso en la Fig. 21, se muestran los suelos que se ocuparon fueron dentro del Cantón Chambo, aquí utilizan diferentes suelos para la elaboración de mampuestos por lo que se utilizan los mismos para la realización del adobe, se obtuvo tres diferentes muestras de suelos: tierra negra, tierra blanca y tierra cangahua.



Fig. 21. Bodega de suelos para la venta

Para la recolección de la totora, se obtuvo de la parroquia de San Gerardo en el Cantón Guano como indica la Fig. 22, esta planta también conocida como *SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS*, es un tipo de junco, planta acuática que se encuentra en lagos o lagunas y pueden llegar a crecer de 2.50 a 4.50 m y en profundidades mayores puede medir 5.50 m. se realiza un corte angular utilizando una hoz siempre cuidando que las fibras no se quiebren o de lo contrario estas perderían su rigidez, luego se deja secar por 15 días expuestas al sol y al final se separan por atados que tienen de 15 a 20 cm [8].

Sus características principales resaltan en la permeabilidad y resistencia en donde tiene una velocidad de absorción de 7% por minuto mientras que en la resistencia llega a tener una tensión de aproximadamente 38 kg/cm² [11].



Fig. 22. Experimentación con la fibra de totora [8]

A. FASE I

Previo al inicio de los ensayos para determinar las propiedades físicas de los suelos, se consideraron las pautas empíricas de producción y mezcla observadas durante la recolección de las muestras para mampostería artesanal. Se identificaron tres tipos de material: la primera muestra, denominada 'tierra negra', clasificada como arcilla limosa; la segunda, conocida como 'tierra cangahua', correspondiente a un suelo limoso; y la tercera, llamada 'tierra blanca', clasificada como un suelo arenoso.

De acuerdo con los lineamientos de la norma NTE E.080 [22], la gradación del suelo para este propósito debe cumplir con los siguientes rangos: 10 al 20 % de arcilla, 15 al 25 % de limo y 55 al 70 % de arena, restringiendo estrictamente el uso de suelos orgánicos. Para verificar el cumplimiento de estos requerimientos granulométricos, se elaboró una mezcla de prueba compuesta por un 20 % de tierra negra, 25 % de tierra cangahua y 55 % de tierra blanca, la cual será sometida a los estudios correspondientes.

1) Ensayo Contenido de Humedad

La determinación del contenido de humedad natural del suelo se ejecutó conforme a los lineamientos estandarizados en la norma ASTM D2216. El análisis gravimétrico consistió en registrar inicialmente la masa del recipiente vacío y, posteriormente, la masa del recipiente con

la muestra en estado húmedo (ver Anexo 1). A continuación, el material se sometió a secado en horno a una temperatura controlada de 110 ± 5 °C durante un periodo de 24 horas. Finalmente, se registró la masa del recipiente con la muestra seca. Mediante la diferencia de estas mediciones empíricas, se cuantificó la masa del agua evaporada y la masa de la fase sólida del suelo, parámetros fundamentales para calcular el porcentaje de humedad mediante su respectiva ecuación (ecuación 1) [24] [26].

$$w(\%) = \frac{(W_h - W_s)}{(W_s - W_r)} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

$w\%$ = Contenido de agua en %

W_r = Masa del Recipiente

W_h = Masa de Recipiente + Suelo Húmedo

W_s = Masa de Recipiente + Suelo Seco

2) Ensayo de Granulométrico

Para realizar el ensayo es fundamental utilizar una serie de tamices con aberturas estandarizadas ordenados en forma descendente para obtener los resultados, en este caso en la TABLA XII se muestra lo que se van a utilizar. El análisis granulométrico tiene como finalidad determinar la distribución porcentual de los tamaños de partículas que conforman el suelo, permitiendo identificar el porcentaje de contenido de gravas, arenas, limos y arcillas presentes en la muestra de suelo, también tiene como propósito obtener datos para identificar las constantes de los suelos como: Coeficiente de uniformidad, Coeficiente de Curvatura, Clasificación del suelo según el SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos), Clasificación del suelo según la AASHTO y la curva granulométrica (ver Anexo 2) [27] [26].

TABLA XII
NÚMERO DE TAMIZ Y ABERTURAS

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)
3/8"	9,50
Nº4	4,75

Nº10	2,00
Nº16	1,18
Nº30	0,60
Nº40	0,425
Nº60	0,25
Nº100	0,15
Nº200	0,075

La fase de preparación de la muestra de suelo comienza con un proceso de secado en horno a una temperatura controlada durante un período de 24 horas. Una vez eliminada la humedad del material, se procedió a la disgregación cuidadosa de los grumos formados, se seleccionó una porción de prueba con una masa mínima de 1000 g en estado seco. Posteriormente, la separación granulométrica se ejecutó mediante tamizado mecánico, sometiendo el material a agitación continua en una tamizadora durante 15 minutos. Finalmente, se cuantificó y registró de manera gravimétrica la masa de la fracción retenida en cada tamiz para calcular los pesos retenidos acumulados y el porcentaje que pasa por cada tamiz utilizando la siguiente ecuación (ecuación 2).

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso retenido en tamiz}}{\text{Peso total de muestra}} \times 100 \quad (2)$$

Estos valores permiten trazar la curva granulométrica con la cual se determinará la clasificación de suelos. También servirá para obtener los diámetros característicos denominados D_{10} , D_{30} y D_{60} para calcular el Coeficiente de Uniformidad y el Coeficiente de Curvatura usando las siguientes ecuaciones (ecuación 3 Y 4).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3)$$

Donde:

C_u = Coeficiente de Uniformidad

D_{10} = Diámetro Efectivo

D_{60} = Diámetro Dimensional

$$C_u = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}} \quad (4)$$

Donde:

C_c = Coeficiente de Curvatura

D_{10} = Diámetro Efectivo

D_{30} = Diámetro Equiparable

D_{60} = Diámetro Dimensional

3) Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg permiten definir los estados de consistencia de los suelos finos en función de su contenido de humedad, estableciendo rangos de comportamiento que van desde un estado semisólido hasta uno líquido [28] [26].

a) Ensayo de Límite Líquido

El límite líquido corresponde al contenido de humedad a partir del cual el suelo pierde su resistencia al corte y se comporta como un fluido viscoso pasando del estado líquido al plástico [28] [26].

Para su determinación se utiliza la copa de Casagrande, realizando varios ensayos con diferentes contenidos de agua, iniciando con 100 gr de muestra de suelo que paso por el tamiz #200, se mezcla con cierto porcentaje de agua en el mortero de porcelana obteniendo una mezcla homogénea con el pistilo. Con la ayuda de la espátula se coloca dicha mezcla en la copa de Casagrande y se nivelará. Con ayuda del ranurador se realizará un surco en la mezcla y se realizaran los golpes con el dispositivo de la copa. En cada ensayo se va registrando el número de golpes necesarios para que la ranura realizada en la muestra se cierre, los golpes fueron tomados según los rangos de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 [28] [26].

Para identificar el contenido de humedad en el instante en que se produce el cierre del surco, se extraen dos fracciones representativas de suelo directamente de la zona de contacto entre los bordes. Dichas porciones se colocan en recipientes adecuados, se registran sus masas iniciales y posteriormente se someten a secado en horno conforme a los lineamientos de la norma ASTM D4318, a fin de cuantificar el contenido de agua (ver Anexo 4).

Con los resultados obtenidos se construye grafica de forma logarítmica de relación entre el número de golpes y el contenido de humedad expresado en porcentaje. El Límite Líquido se define como el valor de humedad correspondiente a la intersección de la curva con los 25 golpes aplicados a la muestra.

b) Ensayo de Límite Plástico

El límite plástico se define como el contenido de humedad mínimo al cual el suelo puede ser moldeado sin agrietarse, realizando varios ensayos con diferentes contenidos de agua, iniciando con 100 gr de muestra de suelo que paso por el tamiz #200 [28] [26].

El ensayo se realiza moldeando manualmente cilindros sobre la placa de vidrio utilizando la muestra de suelo hasta alcanzar un diámetro aproximado de 3 mm y una longitud aproximada de 5 cm, registrándose el contenido de humedad cuando el material comienza a agrietarse [26].

Para el contenido de humedad se coloca el cilindro en el recipiente, se lo pesa y se lo introduce en el horno para secarlo durante 24 horas. Se deben realizar mínimo 5 muestras [26].

Para calcular el límite plástico se calculan los promedios de los contenidos de humedad (ver Anexo 4) [26].

c) Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad (IP) se calcula con la (ecuación 5) como la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) [28] [26]:

$$IP = LL - LP \quad (5)$$

Donde:

IP = Índice Plástico

LL = Límite Líquido

LP = Límite Plástico

El resultado permitirá a cuantificar el rango de humedad en el cual el suelo presenta comportamiento plástico. Valores elevados de IP indican suelos altamente plásticos, mientras que valores bajos reflejan suelos con escasa plasticidad. Cuando no es posible determinar el PL o cuando $PL \geq LL$, el suelo se clasifica como no plástico (NP) (ver Anexo 4) [28] [26].

4) Clasificación de Suelos

La mecánica de suelos ha desarrollado distintos sistemas de clasificación debido a la amplia diversidad de suelos existentes en la naturaleza, el objetivo es agrupar materiales que presentan comportamientos similares desde el punto de vista ingenieril [29].

En la actualidad, existen dos sistemas de clasificación que son comúnmente utilizados, se trata del American Association of State Highway Officials (AASHTO), y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Estos sistemas tienen una aplicabilidad general y su capacidad para correlacionar la granulometría y la plasticidad con el comportamiento mecánico del suelo [29].

a) Sistema de clasificación AASHTO

El método que utiliza para comprender la clasificación es basado en dos ensayos principales: la granulometría enfocada en el porcentaje que atraviesa el tamiz N° 200 (0.075 mm) y los límites de Atterberg, en este caso los resultados del límite líquido (LL) y el índice plasticidad (IP). A partir de los datos obtenidos en cada ensayo, el sistema organiza los materiales en siete categorías principales del A-1 al A-7. Este sistema crea una división crítica basada en el contenido de partículas finas, como indica la TABLA XIII, para los grupos A-1, A-2 y A-3 se consideran suelos granulares porque mantienen un porcentaje de finos igual o menor al 35%, esta primera división está conformada mayormente por gravas y arenas, tienen una baja plasticidad y eficiente drenaje lo que les otorga una alta capacidad portante [29].

En cuanto a la segunda división, según la TABLA XIV, conformada por los grupos del A-4 al A-7, el comportamiento del suelo queda condicionado por su plasticidad y sensibilidad al agua, lo que genera una baja resistencia a la compresión, y en este caso el grupo A-7 se identifica como el de peor desempeño para fines viales [29].

TABLA XIII
CLASIFICACIÓN AASHTO PRIMER GRUPO [29]

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite Líquido				40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

TABLA XIV
CLASIFICACIÓN AASHTO SEGUNDO GRUPO [29]

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
				A-7 A-7-5* A-7-6'
Grupo de clasificación	A-4	A-5	A-6	
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 máx.	36 máx.	36 máx.	36 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite Líquido	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 máx.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 máx.	11 máx.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			
* Para A-7-5, $PI \leq LL - 30$ * Para A-7-6, $PI > LL - 30$				

Otra manera de poder clasificar los suelos es usando la carta de plasticidad de la Fig. 23, este gráfico representa la relación entre el límite líquido y el índice de plasticidad, y sirve para determinar el rango del (LL) y el (IP) para suelos en los grupos A-2, A-4, A-5, A-6 y A-7 [29].

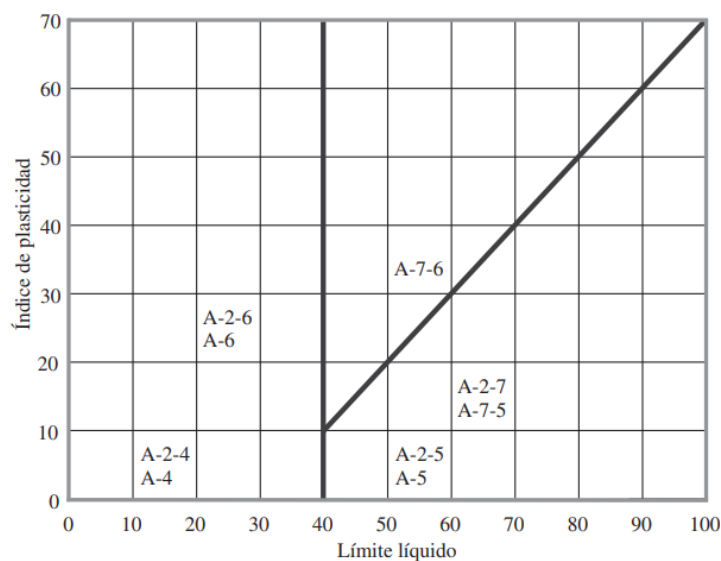


Fig. 23. Carta de plasticidad AASHTO [29]

b) Sistema de clasificación SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) es ahora una herramienta de estandarización muy útil en ingeniería geotécnica para describir y categorizar materiales de suelo para fines de ingeniería. Su valor reside en su capacidad para sintetizar el comportamiento mecánico y las propiedades físicas de los suelos utilizando una nomenclatura técnica simplificada, este sistema no solo organiza los suelos por tamaño de partícula, sino que también correlaciona estas dimensiones con la respuesta del material a las cargas, lo que lo hace indispensable para el diseño de cimentaciones, muros de contención y estabilidad de taludes [29].

La metodología del USCS se basa en dos análisis básicos de laboratorio: probar la distribución del tamaño de partícula y determinar los límites de Atterberg (límites de plasticidad). Esta combinación permite al diseñador identificar de forma única las propiedades del suelo utilizando acrónimos que facilitan la comunicación técnica. El primer filtro de clasificación importante ocurre en el tamiz No. 200 (0,075 mm), que actúa como una interfaz entre las fracciones gruesas y finas. Un suelo se define como grueso cuando más de la mitad de las partículas (en peso) se retienen en este tamiz; Por el contrario, si más del 50% del material pasa por el tamiz, se clasifica como de grano fino [29].

En suelos granulares, el sistema introduce una subdivisión crítica según el tamiz número 4: si la mayor parte de la fracción gruesa se retiene en este tamiz, el suelo se clasifica como grava (G), mientras que, si la mayor parte pasa, se identifica como arena (S). Sin embargo, la clasificación no se limita al tamaño de partícula, ya que el coeficiente de uniformidad (C_u) y el

coeficiente de curvatura (C_c) (ecuaciones 3 Y 4), deben evaluarse para determinar si el material está bien calibrado (W) o mal calibrado (P), factores que modifican en gran medida la porosidad y la capacidad de compactación del suelo [29].

Para suelos de grano fino, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) ignora la distribución del tamaño de partícula para centrarse en la plasticidad. En este caso, el material se identifica como limo (M) o arcilla (C) de la TABLA XVI, según su posición en relación con la línea "A" en el mapa de plasticidad de Casagrande. Además, se añade un sufijo para describir la compresibilidad del suelo: "L" para baja plasticidad (límite líquido < 50) y "H" para alta plasticidad (límite líquido > 50). Esta distinción es fundamental en este estudio, ya que, como señala Crespo Villalaz, los suelos finos con alta plasticidad tienden a presentar cambios volumétricos significativos, lo que requiere la evaluación de procesos de estabilización química o física para su uso en ingeniería civil [29].

TABLA XV
SUCS SUELO TIPO ARENA [29]

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla N° 200 $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 6 $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} * D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla N° 200 No cumple ambos criterios para SW
SM	Más del 12% pasa la malla N° 200 Los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (gráfica 6) o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más del 12% pasa la malla N° 200 Los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (gráfica 6) Índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más del 12% pasa la malla N° 200 Los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la gráfica 6
SW-SM	El porcentaje que pasa la malla N° 200 está entre 5 y 12 Cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	El porcentaje que pasa la malla N° 200 está entre 5 y 12 Cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	El porcentaje que pasa la malla N° 200 está entre 5 y 12 Cumple los criterios para SP y SC
SP-SC	El porcentaje que pasa la malla N° 200 está entre 5 y 12 Cumple los criterios para SP y SC

TABLA XVI
SUCS SUELO TIPO LIMO Y ARCILLA [29]

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico $LL < 50$ $PI > 7$ Se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CL en la gráfica 6)
ML	Inorgánico $LL < 50$ $PI < 4$ O se grafica debajo de la línea A (véase zona ML en la gráfica 6)
OL	Orgánico $(LL - \text{seco en horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$ $LL < 50$ (véase zona OL en la gráfica 6)
CH	Inorgánico $LL \geq 50$ PI se grafica sobre o arriba de la línea A (véase la zona CH en la gráfica 6)
MH	Inorgánico $LL \geq 50$ PI se grafica debajo de la línea A (véase la zona MH en la gráfica 6)
OH	Orgánico $(LL - \text{seco en horno}) / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$ $LL \geq 50$ (véase zona OH en la gráfica 6)
CL - ML	Inorgánico Se grafica en la zona sombreada en la gráfica 6
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

Para la SUCS, usa la carta de plasticidad que propuso Casagrande para lograr la clasificación de los suelos finos de naturaleza inorgánica como se muestra en la Fig. 24 [29].

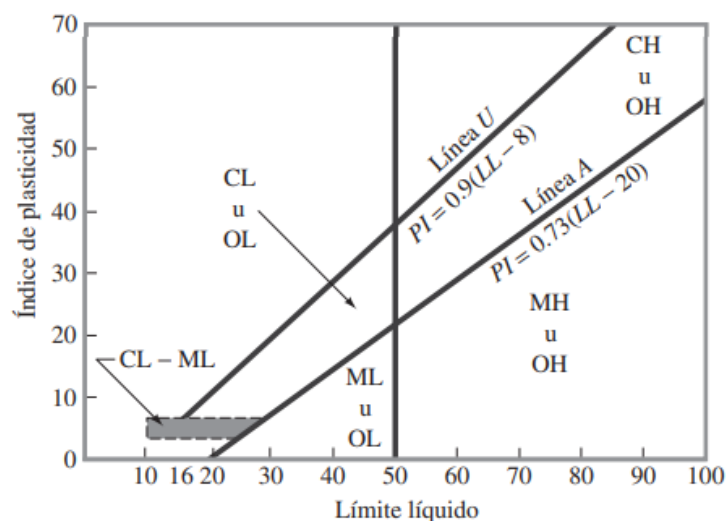


Fig. 24. Carta plasticidad SUCS [29]

5) Ensayo de Granulometría por Hidrómetro

El análisis granulométrico mediante hidrómetro constituye un ensayo complementario por sedimentación fundamentado en la Ley de Stokes, requerido para calcular de forma precisa los

porcentajes de las partículas ultrafinas correspondientes a los limos y arcillas en suspensión. Este procedimiento se aplica específicamente para estimar la distribución de la fracción de suelo que atraviesa el tamiz normalizado No. 200 (0.075 mm). Los datos registrados se proyectan en un gráfico semilogarítmico que relaciona el porcentaje de material pasante frente al diámetro equivalente de los granos; esta curva se acopla analíticamente con los resultados obtenidos en la granulometría por vibración mecánica para consolidar el perfil granulométrico continuo y completo de la matriz edáfica (ver Anexo 7) [30].

Procedimiento:

1. Se introduce el hidrómetro en una probeta con agua limpia para registrar el nivel de flotación a partir de la línea cero, estableciendo el valor de corrección por menisco C_m .
2. Se elabora una solución disolviendo 10 gr de hexametafosfato de sodio en 250 ml de agua. La mitad de esta solución se mezcla con 50 gr de muestra de suelo, mientras que el resto se vierte en una probeta de 1000 cm³ con agua para registrar la corrección por defloculante con el hidrómetro C_d .
3. Se transfiere la suspensión edáfica a la probeta de ensayo y se completa el volumen total requerido utilizando agua.
4. Se sella la probeta con un tapón hermético y se agita la mezcla mediante giros de 180° en un plano vertical de forma continua durante 1 minuto.
5. Se asienta la probeta sobre una superficie rígida y nivelada, iniciando el cronometraje. Se sumerge el hidrómetro 152H y se registran las densidades a los 30, 60, 90 y 120 segundos.
6. Tras las primeras lecturas, se retira el hidrómetro y se coloca en una probeta con agua limpia para medir la temperatura de la suspensión. Este ciclo de agitación y lectura se repite hasta garantizar que los valores no presenten variaciones.
7. Se procede a registrar mediciones espaciadas a los 5, 10, 15, 20 y 30 minutos, extendiendo el control a la 1, 1.5, 2, 3, 8, 24 y 42 horas.
8. Durante las pausas del ensayo, el hidrómetro se conserva en una probeta de agua limpia adyacente para mantener el equilibrio térmico. Asimismo, todas las probetas permanecen tapadas para prevenir la evaporación del fluido y la contaminación por deposición de partículas de polvo.
9. Una vez finalizado las mediciones, se llevará la suspensión al horno para determinar su masa seca final.

Para calcular los tamaños y porcentajes de partículas con las lecturas obtenidas por el hidrómetro para llegar a la curva logarítmica, se procederá de la siguiente manera para el cálculo analítico usando las (ecuaciones 6, 7 y 8) [29]:

Lectura de Hidrómetro corregida:

$$RH = R'H + Cm \quad (6)$$

Donde:

R'H = Lectura del hidrómetro sobre el menisco

Cm = Corrección por menisco

RH = Lectura corregida por menisco

Diámetro de las partículas:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}} \quad (7)$$

Donde:

D = Diámetro de las partículas

K = Constante

T = Tiempo transcurrido

Porcentaje más fino:

$$PASA\% = \frac{100 \alpha (RH - Cd - Ct)}{Wo} \quad (8)$$

Donde:

Pasa (%) = Porcentaje más fino

a = Constante

RH = Lectura de hidrómetro corregida

Cd = Corrección por agente dispersión y por desplazamiento del punto cero

Ct = Corrección por temperatura

6) Ensayo de Gravedad Específica del Suelo

El presente ensayo tiene como objetivo principal determinar la gravedad específica de las partículas sólidas del suelo. Este parámetro, que relaciona el peso de un volumen dado de sólidos con el peso de un volumen equivalente de agua a una temperatura de referencia, constituye un insumo indispensable para calcular las constantes requeridas en el análisis granulométrico por hidrometría. Adicionalmente, el valor obtenido proporciona un indicador técnico que contribuye a la clasificación del suelo en función de su naturaleza mineralógica, se ejecuta el procedimiento detallado a continuación (ecuación 9 Y 10) [29]:

$$Gs = \frac{W_s * K}{\text{Desplazamiento del agua}} \quad (9)$$

Donde:

G_s = Gravedad Específica

W_s = Peso del suelo seco

K = Factor de corrección de temperatura

$$\text{Desplazamiento del agua} = (W_s + W_{bw}) - W_{bws} \quad (10)$$

Donde:

W_s = Peso del suelo seco

W_{bw} = Peso del picnómetro + agua hasta la marca de aforo 500ml

W_{bws} = Peso del picnómetro + suelo + agua hasta la marca de aforo 500ml

Para realizar el ensayo, se debe dejar secar la muestra en el horno y posteriormente preparar 50 gr. de cada suelo que paso por el tamiz #200. Se empieza por tomar el peso del picnómetro, este debe estar completamente limpio y seco, después se llena con el agua destilada hasta la marca de aforo y de igual manera se toma el peso, para ingresar el suelo se debe sacar la mitad del agua del picnómetro y con ayuda del embudo introducimos el suelo, y luego se vuelve a añadir el agua hasta dos tercios de su capacidad, durante 15 minutos se agita el picnómetro para eliminar el aire atrapado y al final se vuelve a llenar de agua hasta la marca de aforo. Se toma la temperatura una vez concluido el tiempo y se toma el peso W_{bws} .

La muestra de suelo es puesta en un recipiente metálico para luego dejarlo reposar durante 24 horas en el horno electrónico para obtener el peso del suelo seco. Se realiza los correspondientes cálculos para determinar la gravedad específica y con la TABLA XVII se determina el tipo de suelo (ver Anexo 6) [29].

TABLA XVII
VALORES DE G_s SEGÚN EL TIPO DE SUELO

TIPOS DE SUELO		GRAVEDAD ESPECÍFICA (G_s)
Inorgánico	Grava	2.65
	Arena gruesa a media	2.65
	Arena fina (limosa)	2.65
	Polvo de piedra y limo arenoso	2.67
Inorgánico	Arena algo arenosa	2.65
	Limo arenoso	2.65
	Limo	2.67-2.70
	Arena arcilla	2.70
	Limo arcillo arenoso	2.67
	Arcilla arenosa	2.70
	Arcilla limosa	2.75
	Arcilla	2.72-2.80
Orgánico	Limos con trazos de materia orgánica	2.30
	Lodos aluviales orgánicos	2.13-2.60
	Turba	1.50-2.15

B. FASE II

Una vez concluida la **FASE I**, se procede con la elaboración de las muestras de adobe utilizando únicamente la mezcla ya analizada por los ensayos físicos del suelo, se toma en cuenta la composición granulométrica adecuada para la fabricación de adobe tradicional, es recomendable usar la tierra areno-arcillosa con poco limo, si el suelo contiene bastante arcilla, aumentara el riesgo de fisuración al momento de secarse, en cambio, si se tiene demasiada arena o limo, el efecto que tendrá es una cohesión inadecuada y la consecuencia es que disminuirá su resistencia a la compresión [7].

Prueba “Cinta de barro”

Para realizar esta prueba en campo, se debe tomar una muestra de barro con una humedad suficiente que permita conformar un cilindro de aproximadamente 12 mm de diámetro. La muestra se apoya en la mano, se empieza a aplanar progresivamente hasta formar una cinta de aproximadamente 4 mm de espesor, la cual se la deja colgada libremente hasta que termine de romperse por su propio peso como se muestra en la Fig. 25.

Para el criterio de evaluación debe medir la longitud alcanzada por la cinta [22]:

- Si la cinta logra una longitud entre 20 y 25 cm, el suelo presenta un alto contenido de arcilla
- Si llega a romperse por los 10 cm o menos, el suelo presenta un bajo contenido de arcilla

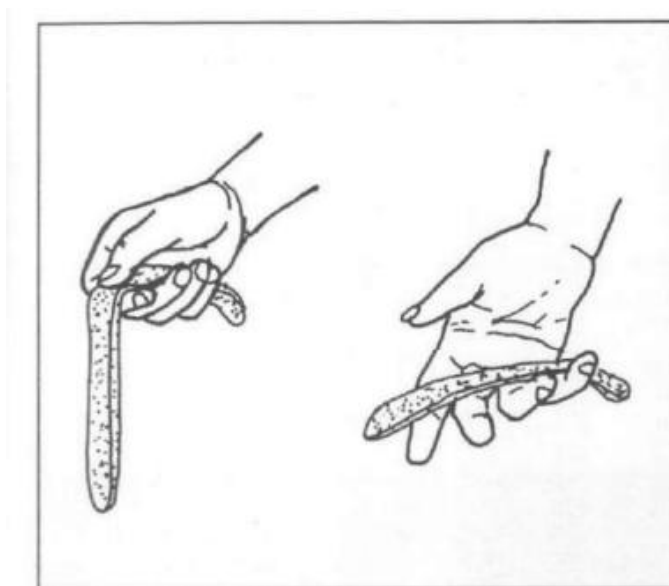


Fig. 25. Prueba de cinta [22]

Prueba “Presencia de arcilla o Resistencia seca”

Esta prueba empírica permitirá verificar la capacidad aglutinante del suelo y su aptitud como material para la fabricación de adobe [22].

- Se empieza formando 4 bolitas como la Fig. 26, con la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción, agregar una pequeña cantidad de agua y moldearla sobre las palmas de las manos.

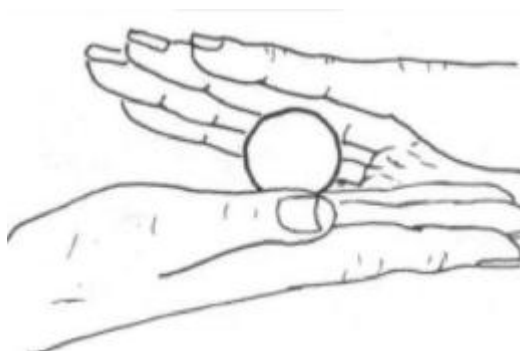


Fig. 26. Prueba de resistencia seca [22]

- Las 4 bolitas deben secarse durante un periodo de 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias u otros agentes externos.

- Luego de transcurrir el tiempo de secado, a cada bolita se le debe presionar firmante entre el pulgar y el dedo índice de una mano. Si una de las bolitas se rompe, se quiebra o se agrieta, se debe repetir el proceso nuevamente Fig 27.
- Si al repetir el ensayo de las 4 bolitas vuelven a romperse al presionarlas, se considera que el suelo presenta bajo contenido de arcilla, por lo que la cantera debe descartarse.



Fig. 27. Prueba de resistencia seca [22]

Dimensionamiento del adobe

Las dimensiones de los bloques se fijaron bajo criterios las directrices de la Norma E.080 [22], para realizar el ensayo a compresión, no indica que cubo debe tener 10 cm de arista.

Para las dimensiones del ensayo Resistencia del material de tierra a la tracción indirecta se debe seguir las medidas de 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo.

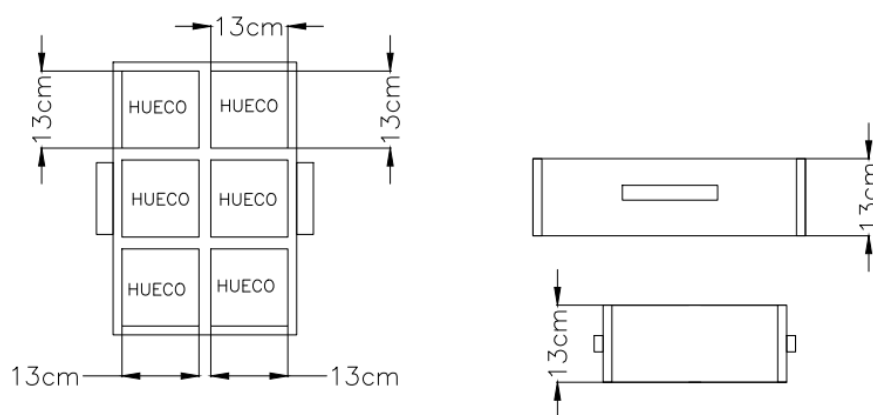


Fig. 28. Medidas del molde para el ensayo a compresión



Fig. 29. Moldes cilíndricos para el ensayo a tracción indirecta

Para los ensayos de módulo de rotura (ensayo a flexión) y de absorción no se establece una dimensión específica para las unidades de adobe. Por esta razón, se adoptarán las dimensiones comerciales señaladas en la norma NTE INEN 3049, “Ladrillos cerámicos. Parte 1: Términos y definiciones, clasificación y requisitos de las dimensiones modulares” [25]. De acuerdo con la Tabla XVIII de dicha normativa, se seleccionará la primera dimensión indicada.

TABLA XVIII
EJEMPLO DE DIMENSIONES MODULARES NTE INEN 3049 PT. 1 [25]

Medida modular altura x ancho x longitud (cm)	Medidas reales altura x ancho x longitud (cm)
6 x 15 x 30	6 x 14 x 29
10 x 15 x 30	10 x 14 x 29
15 x 20 x 40	15 x 19 x 39
20 x 20 x 40	20 x 19 x 39

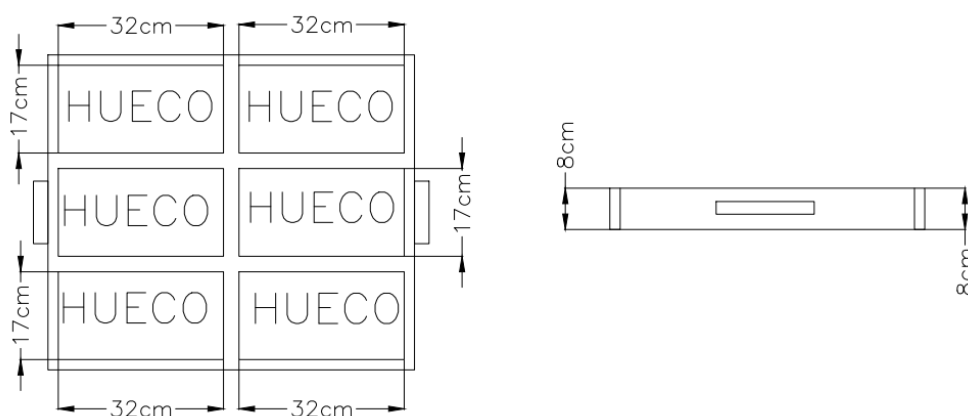


Fig. 30. Medidas del molde para el ensayo a flexión y ensayo de absorción

En el momento de secado de las muestras, estas van a ir disminuyendo su volumen inicial por lo que se tomara una corrección de $\pm 3\text{cm}$ en sus dimensiones como se muestran en la Fig. 28 y en la Fig. 30.

Preparación de la mezcla de suelo

El suelo una vez completamente seco, destinado a la fabricación pasa por una etapa previa de limpieza profunda para eliminar cualquier residuo orgánico, piedras o elementos de gran tamaño. Debe ser tamizada en una zaranda con una abertura de 5mm Fig 31.



Fig. 31. Tamizado de Agregados

Fibra Natural como refuerzo

La incorporación de fibras en las mezclas de relleno cumple funciones técnicas fundamentales, destacando la optimización de la adherencia del material edáfico a la estructura auxiliar y la mitigación del agrietamiento por contracción durante el secado en matrices altamente arcillosas [7].

A la mezcla de suelo seco se le agregara 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1.00% de totora una vez que esta haya pasado el tiempo de secado, las fibras deberán medir similar al tamo de trigo o diversos pasto que se cortan entre 5 cm y 10 cm, en este caso, el largo de la totora será de 5cm y su grosor de 3mm Fig. 32, para incluirles en la mezcla seca [7].



Fig. 32. Fibras de totora

Para el número de muestras se va a seguir en base a la NORMA E.080 [22], para los ensayos de Compresión y Tracción Indirecta, donde un grupo será de 6 muestras y se seleccionara los mejores 4, mientras que, para el ensayo a Absorción y Flexión, como se muestra en la norma ASTM C67 [31] y PTNP 399.613 [32] para los ensayos de bloque, se hará un grupo de 5 y se promediara los resultados, en la TABLA XIX muestra el número de muestras a ensayar.

TABLA XIX
NUMERO DE MUESTRAS DEL ADOBE PARA CADA ENSAYO

ENSAYOS	PORCENTAJE DE FIBRA DE TOTORA					TOTAL
	0.00%	0.25%	0.50%	0.75%	1.00%	
COMPRESION	6	6	6	6	6	30
TRACCION INDIRECTA	6	6	6	6	6	30
FLEXION	5	5	5	5	5	25
ABSORCION DE HUMEDAD	5	5	5	5	5	25
TOTAL	22	22	22	22	22	110

Dosificación y amasado de la mezcla

Como indica la norma E.080 [22], las muestras deben tener humedad inicial de 20% a 25% para el control de adobes y un secado cubierto de sol y viento de 28 días.

Una vez preparado el material, se añadió un 20% agua a la mezcla seca gradualmente hasta que la masa alcanzó la plasticidad necesaria para su manipulación Fig 33.



Fig. 33. Mezcla del material

Para el siguiente paso se realiza el proceso de hidratación en donde se deja en reposo por lo menos 48 horas, este proceso se lo conoce como “DORMIDO” Fig. 34, según la el numeral 18.2 del artículo 18 de la norma [22].



Fig. 34. reposo de la mezcla

Moldeo de los adobes

Para fabricar los adobes se deben seguir los siguientes pasos [7]:

- Realizar directamente en un suelo firme y humedecido al aire libre.
- Se moja todo el tiempo el molde para evitar que el barro se pegue.
- Para rellenar se debe ocupar las manos asegurando bien las esquinas y costados.
- Enrasar ya sea con la mano o con una regla y desmoldarlo hacia arriba.
- Repetir el proceso de manera rápida cuidadosa.

La manera en que se organizan es en filas y columnas dejando un espacio de 1m para poder caminar Fig. 35.



Fig. 35. Moldeo de los adobes

Secado y curado de los bloques de adobe

Para el curado de los bloques se les posiciona primero en plano con un periodo de una a dos semanas, los bloques deben estar resguardados para evitar la radiación solar directa y las corrientes de aire fuertes Fig 36. Pasado este tiempo, los adobes se giraron para quedar apoyados sobre su canto, permitiendo que todas sus caras tuvieran contacto con el aire de forma equilibrada. Dependiendo del clima local, se puede dejar reposar máximo 10 días más, al final se apilan y se tapan para evitar que los lave la lluvia [7].



Fig. 36. Etapas de secado y acopio de adobes

C. FASE III

La presente fase tiene como propósito realizar el análisis comparativo de los resultados obtenidos en los ensayos físicos y mecánicos ejecutados sobre los bloques de adobe

convencional y los bloques de adobe reforzados con fibra natural de totora (*Schoenoplectus californicus*). Esta comparación permite evaluar de manera objetiva la influencia del refuerzo vegetal en el comportamiento del material, así como verificar el cumplimiento de los parámetros mínimos establecidos en la Norma Técnica Peruana NTE E.080 [22].

El análisis se fundamenta en la interpretación técnica de los valores promedio obtenidos en laboratorio, considerando la repetibilidad de los ensayos, el tipo de falla observada y la respuesta del material frente a las sollicitaciones mecánicas. Los resultados se presentan de forma ordenada mediante tablas comparativas, lo que facilita la identificación de tendencias y diferencias significativas entre ambos tipos de adobe.

a) Prueba de resistencia de los adobes

Para finalizar el proceso, se elige 3 adobes en perfecto estado, es decir, que no muestren ningún agrietamiento y tampoco presente deformación, apoyar un adobe sobre los otros dos y pararse sobre una pierna en la parte central como esta en la Fig. 37. Si logra resistir el peso de una persona de 80 kg durante un minuto se considerará un buen adobe [33].



Fig. 37. Prueba de la resistencia del bloque de adobe

1) Resistencia a Compresión

Según la normativa peruana NTE E.080 [22], se realiza conforme al procedimiento siguiente:

- Preparar probetas del material en cubos de 10 cm de arista
- Calcular la resistencia ultima mediante la siguiente expresión (ecuación 11):

$$f_o = 1.0 \text{ MPa} = 10.2 \text{ kgf/cm}^2 \quad (11)$$

- Se deben realizar 6 probetas y el resultado debe ser el promedio de 4 mejores muestras mayor o igual a la resistencia última indicada (ver Anexo 29) (ecuación 12).

$$(\text{promedio 4 mejores}) \geq 10.20 \text{ kg/cm}^2 \quad (12)$$

Para calcular la Resistencia a Compresión Fig. 38, tomando como referencia la norma ASTM C67 [31], y PTNP 399.613 [32], para ladrillos cerámicos, se seguirá el procedimiento del ensayo adaptándolo a los cubos de adobe una vez hayan culminado el tiempo de secado de 28 días (ecuación 13).

$$P = \frac{F}{A} \quad (13)$$

Donde:

P = Resistencia ultima de compresión (kg/cm²)

F = Fuerza nominal (kg)

A = área sobre la que se aplica la fuerza (cm²)



Fig. 38. Prueba de la resistencia a compresión del cubo de adobe

2) Resistencia a Tracción Indirecta Ensayo brasileño

Según la normativa peruana NTE E.080 [22], se realiza conforme al procedimiento siguiente (ver Anexo 30):

- La resistencia se mide mediante el “Ensayo Brasileño de Tracción” haciendo probetas cilíndricas de 6” × 12” o 15.24 cm diámetro × 30.48 cm largo.

- La resistencia última es de (ecuación 14):

$$0.08 \text{ MPa} = 0.81 \text{ kgf/cm}^2 \quad (14)$$

- Se deben realizar 6 probetas y el resultado debe ser el promedio de 4 mejores muestras mayor o igual a la resistencia última indicada (ecuación 15).

$$(\text{promedio 4 mejores}) \geq 0.81 \text{ kg/cm}^2 \quad (15)$$

Para calcular la Resistencia a Tracción Indirecta Fig. 39, tomando como referencia la norma ASTM C496 [34], consiste en aplicar una carga de compresión a lo largo de la muestra para para obtener el índice de rotura, se sigue el procedimiento del ensayo adaptándolo a los cilindros de adobe una vez hayan culminado el tiempo de secado de 28 días usando la siguiente (ecuación 16).

$$T_s = \frac{2P}{\pi DL} \quad (16)$$

Donde:

P = Carga máxima de rotura (kg/cm²)

D = Diámetro del cilindro (cm)

L = Longitud del cilindro (cm)



Fig. 39. Prueba de la resistencia a tracción indirecta del cilindro de adobe

3) Módulo de Rotura (Ensayo a Flexión)

El ensayo de resistencia a la flexión se desarrolló siguiendo los lineamientos establecidos en la norma NTP 339.613 [32], para la ejecución del ensayo se consideraron los siguientes procedimientos metodológicos (ver Anexo 31):

- Se ensayaron un total de 5 unidades experimentales por cada porcentaje de fibra de totora en la mezcla.
- Los bloques para utilizar presentan dimensiones nominales de 30 cm de longitud, 15 cm de ancho y 6 cm de altura.
- Los apoyos empleados durante el ensayo deben permitir la libre rotación del espécimen tanto en dirección longitudinal como transversal Fig. 40, ajustándose adecuadamente para evitar la generación de esfuerzos adicionales o restricciones en dichas direcciones.
- Aplicar la carga en la superficie superior a través de una plancha de acero de 6mm de espesor y 40 mm de manera continua en la parte central de la unidad.
- Durante el procedimiento se registró la carga máxima soportada por cada muestra y la ubicación de la grieta de falla, parámetros necesarios para la determinación de la resistencia a la flexión (ecuación 17).

$$f'b = \frac{3*Pu*\left(\frac{L}{2} - x\right)}{b*t^2} \quad (17)$$

Donde:

$f'b$ = Resistencia a la flexión (kg/cm²)

P_u = Carga de rotura (kg)

L = Luz de ejes de apoyo (cm)

b = Ancho de la muestra (cm)

t = Altura de la muestra (cm)

x = Distancia promedio desde el centro del espécimen hasta el plano de falla, medida en la dirección entre apoyos, a lo largo de la línea central de la superficie sujeta a tracción (cm).



Fig. 40. Prueba de la resistencia a flexión del bloque de adobe

4) *Ensayo de Absorción*

El ensayo de absorción se ejecutó conforme al procedimiento establecido en la norma NTP 339.613 [32], con la finalidad de determinar la capacidad de absorción de agua de las muestras de adobe (ver Anexo 32).

- Se utilizó 5 muestras experimentales considerando tanto las muestras convencionales como las reforzadas con fibra de totora.
- Los especímenes serán pesados en condición seca a temperatura ambiente luego de los 28 días, registrando su masa inicial antes del proceso de inmersión.
- Posteriormente, las unidades de adobe se sumergirán completamente en agua potable tomando el tiempo antes de su disgregación Fig. 41.
- Finalmente, se procedió al pesaje de los especímenes en condición saturada cada media hora, registrando la masa correspondiente para el cálculo del porcentaje de absorción de agua (ecuación 17).

$$A(\%) = \frac{(W_s - W_d)}{W_d} * 100 \quad (17)$$

Donde

A (%) = Porcentaje de Absorción de la muestra

Ws = Peso de la muestra saturada

W_d = Peso de la muestra seca



Fig. 41. Prueba de la absorción del bloque de adobe

CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A. FASE I

Con el propósito de asegurar la calidad en la elaboración del adobe, se evaluaron las propiedades físicas individuales de los tres suelos disponibles. Esta fase preliminar permitió contrastar el comportamiento de los materiales frente a los requerimientos de la norma, confirmando así que los porcentajes de dosificación aplicados (55% de suelo blanco, 25% de cangahua y 20% de suelo negro) son los óptimos para la posterior ejecución y ensayo mecánico de la mampostería.

1) ANÁLISIS DEL ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD

Como se observa en la TABLA XX y en la Fig. 42. los suelos extraídos en estado natural presentan diferentes porcentajes de contenido de humedad, para la tierra negra es de 37.86%, comportamiento consistente con una matriz de mayor contenido arcilloso, capaz de aportar plasticidad y cohesión a la mezcla, para la tierra blanca es de 14.55%, humedad significativamente baja y es característico de un material granular arenoso y la tierra cangahua es de 13.18% que al ser la más baja ayudara a tener una mayor estabilidad volumétrica.

Como resultado para la muestra M4 con un porcentaje de 21.29%, evidencia que la combinación de las tres muestras anteriores permitirá equilibrar las propiedades físicas del suelo, reduciendo el exceso de humedad y mejorando la cohesión y trabajabilidad de la mezcla.

TABLA XX
PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO DEL CANTÓN CHAMBO

MUESTRA	ID MUESTRA	LUGAR DE EXTACCION	% DE CONTENIDO DE HUMEDAD
TIERRA NEGRA	M1	CHAMBO	37.86%
TIERRA BLANCA	M2	CHAMBO	14.55%
TIERRA CANGAHUA	M3	CHAMBO	13.18%
MEZCLA	M4	CHAMBO	21.29%

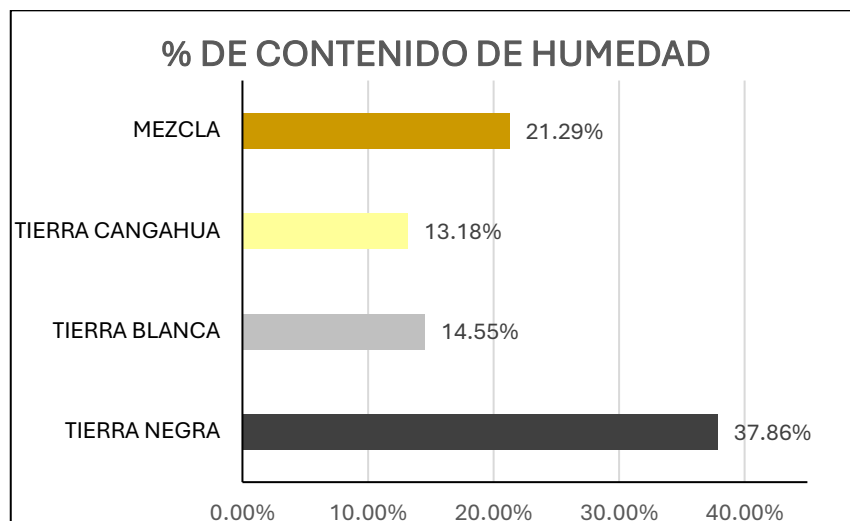


Fig. 42. Comparación de Contenido de Humedad Natural de los suelos

2) ANÁLISIS DEL ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL SUELO

TABLA XXI
GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL CANTÓN CHAMBO

GRAVEDAD ESPECÍFICA (g/cm ³)				
ESTADO NATURAL	M1	M2	M3	M4
	2.68	2.63	2.61	2.66

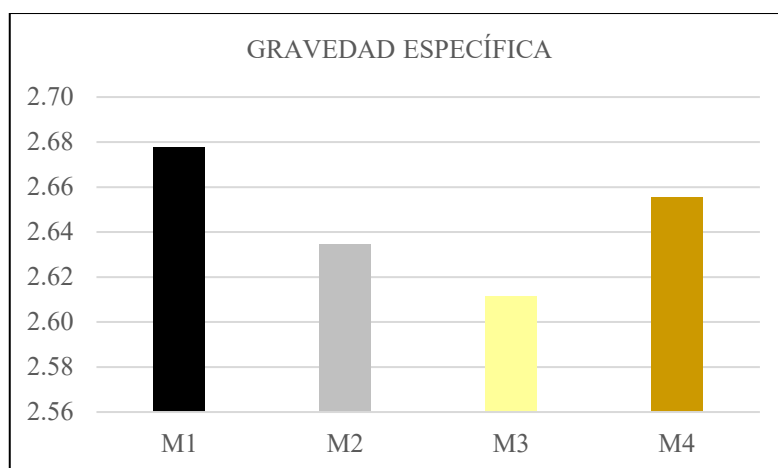


Fig. 43. Comparación de la Gravedad Específica de los suelos

Los resultados de la TABLA XXI y Fig. 43. con respecto a los componentes individuales, la muestra M1 registró un valor de 2.68 g/cm³, el cual se posiciona dentro del rango limos arcillo-arenosos. Este resultado corrobora la presencia de fracciones finas que aportarán la cohesión plástica necesaria al aglomerante. Por otro lado, la muestra M2 presentó un 2.63 g/cm³, valor muy cercano al comportamiento característico de las arenas. La muestra M3 presentó un 2.61 g/cm³, se aproxima a materiales clasificados como arenas limosas o limos arenosos, lo que

evidencia una composición predominantemente mineral con bajo contenido de materia orgánica.

La mezcla M4 obtuvo un 2.66 g/cm^3 , valor intermedio respecto a las muestras individuales, de acuerdo con la TABLA XVII, la muestra se aproxima a los rangos correspondientes a arena algo arenosa, limo arenoso y limo arcillo-arenoso, cuyos valores se encuentran alrededor de 2.65 a 2.67. Por tanto, se puede interpretar que la mezcla presenta una composición inorgánica, con posible presencia de fracciones arenosas y limosas, además de cierta contribución arcillosa que favorece la cohesión del adobe.

3) ANÁLISIS DEL ENSAYO DE GRANULOMÉTRICO POR TAMICES Y POR HIDROMETRO

TABLA XXII
ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 1

MUESTRA	GRAVA %	ARENA %	FINOS Y ARCILLAS %	CLASIFICACIÓN SUCS
MUESTRA 1 - TIERRA NEGRA				
ESTADO NATURAL	0.00	76.79	23.21	SC (Arena Arcillosa)

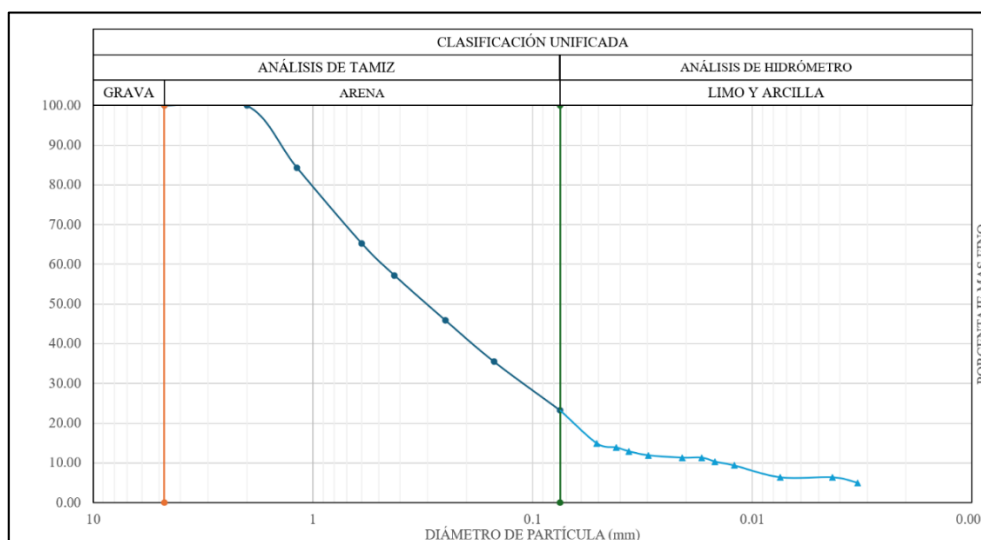


Fig. 44. Clasificación Unificada de la granulometría de la tierra negra

El análisis granulométrico de la Tierra Negra M1 de la TABLA XXII y la Fig. 44, indican una ausencia de gravas 0.00%, una fracción arenosa del 76.79% y un contenido de finos correspondientes a limos y arcillas del 23.21%. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), este material se clasifica como una arena arcillosa (SC).

Demuestra que la Tierra Negra empleada no es una arcilla pura de alta expansividad, es un suelo compuesto que cuenta con su estructura granular del material.

TABLA XXIII
ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 2

MUESTRA	GRAVA %	ARENA %	FINOS Y ARCILLAS %	CLASIFICACIÓN SUCS
MUESTRA 2 - TIERRA BLANCA				
ESTADO NATURAL	0.00	76.16	23.84	SC (Arena Arcillosa)

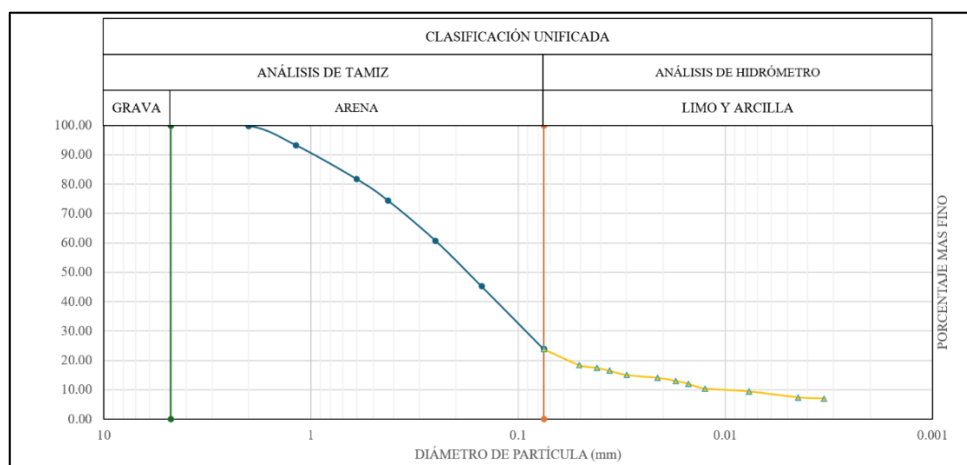


Fig. 45. Clasificación Unificada de la granulometría de la tierra blanca

El análisis granulométrico de la Tierra Blanca M2 de la TABLA XXIII y la Fig. 45. Los resultados de laboratorio evidencian un material completamente exento de gravas 0.00%, dominado por una considerable fracción arenosa que alcanza el 76.16%, y complementado por un 23.84% de finos correspondientes a limos y arcillas. De acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), esta distribución de tamaño de partículas categoriza a la muestra como una arena arcillosa (SC). Este perfil granulométrico justifica por qué este material constituye la mayor proporción 55% en el diseño de la mezcla; su alto volumen de arena provee la fricción interna y la rigidez necesarias para contrarrestar la alta compresibilidad de la tierra negra, mitigando así la retracción volumétrica y previniendo la formación de fisuras durante la etapa de secado al sol.

TABLA XXIV
ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 3

MUESTRA	GRAVA %	ARENA %	FINOS Y ARCILLAS %	CLASIFICACIÓN SUCS
MUESTRA 3 - TIERRA CANGAHUA				
ESTADO NATURAL	0.00	80.54	19.46	SC (Arena Arcillosa)

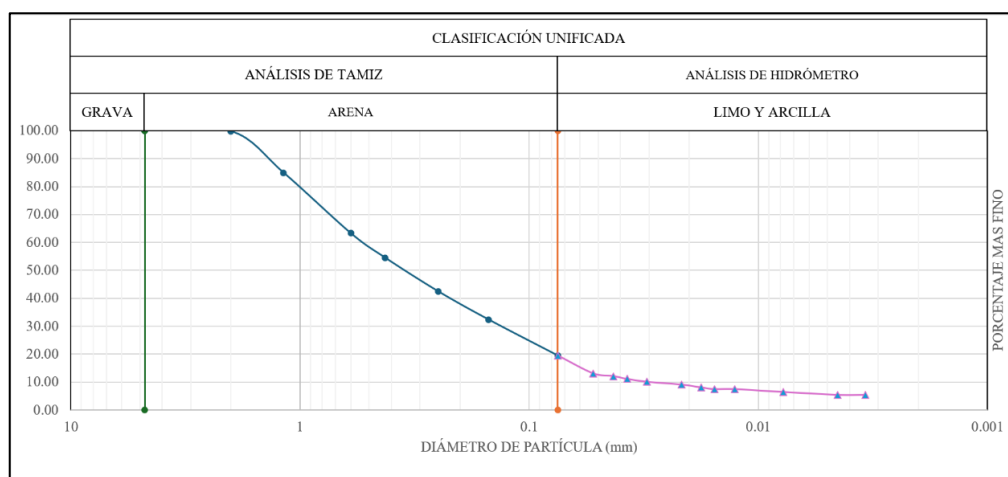


Fig. 46. Clasificación Unificada de la granulometría de la tierra cangahua

El análisis granulométrico de la Tierra Cangahua M3 de la TABLA XXIV y la Fig. 46, indican una ausencia total de gravas 0.00%, una predominancia de fracción arenosa con un 80.54% y un contenido de finos limos y arcillas del 19.46%. Con base en estos parámetros, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) cataloga a este material como una arena arcillosa (SC). Esto demuestra que la cangahua proveniente de esta zona no es exclusivamente un polvo fino o limoso. La carencia de partículas gruesas asegura que su incorporación a la mezcla base.

TABLA XXV
ENSAYO GRANULOMÉTRICO DE LA MUESTRA 4

MUESTRA	GRAVA %	ARENA %	FINOS Y ARCILLAS %	CLASIFICACIÓN SUCS
MUESTRA 4 - MEZCLA				
ESTADO NATURAL	0.00	79.71	20.29	SC (Arena Arcillosa)

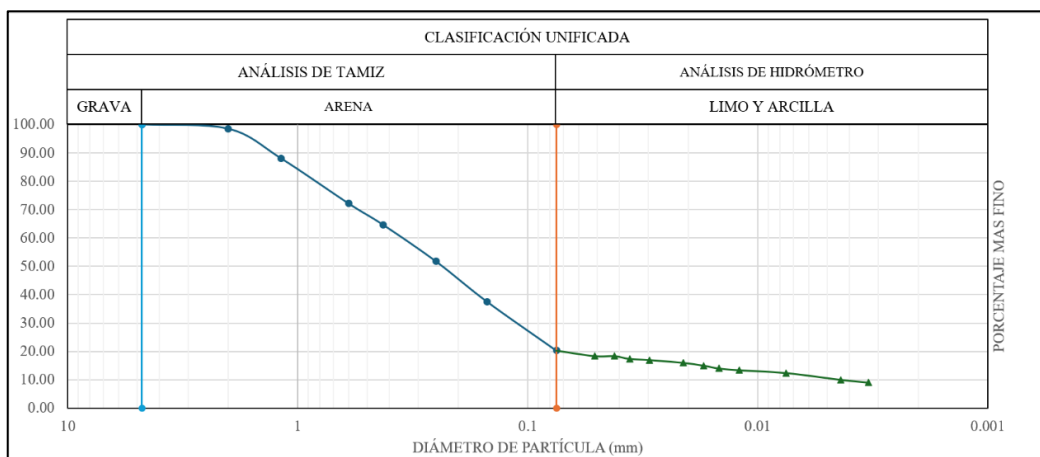


Fig. 47. Clasificación Unificada de la granulometría de la mezcla

El análisis granulométrico de la M4 de la TABLA XXV y la Fig. 47, correspondiente a la dosificación final de la mezcla, los resultados obtenidos mediante el tamizado y la sedimentación por hidrómetro revelan una composición libre de gravas (0.00%), un predominio significativo de arenas (79.71%) y una fracción de finos correspondientes a limos y arcillas del 20.29%. Con base en estos porcentajes y en la distribución de la curva, el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) categoriza a la mezcla como una arena arcillosa (SC). La ausencia total de gravas garantiza una textura homogénea que evitará concentraciones de esfuerzos o planos de debilidad en el bloque, lo cual es un factor crítico para asegurar una adherencia uniforme al momento de integrar las fibras de totora.

4) ANÁLISIS DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG

Como se observa los resultados obtenidos en la TABLA XXVI y la Fig. 48, la Tierra Negra presenta el Límite Líquido más alto 48.36% y un Índice de Plasticidad de 10.64%, siendo este aglomerante principal que aporta la cohesión necesaria a la mezcla, la Tierra Blanca exhibe el Límite Líquido más bajo 27.39%, un comportamiento típico de materiales granulares este actuará como arena para mitigar la contracción general. Por su parte, la Tierra Cangahua muestra un Índice de Plasticidad destacable de 13.01% acompañado de un Límite Plástico bajo 16.69%, lo que significa que aporta una plasticidad fina y trabajable que facilita el moldeado sin introducir los severos riesgos de expansión.

La mezcla final registra un Límite Líquido de 30.91% y un Límite Plástico de 22.90%, arrojando un Índice de Plasticidad reducido de 8.01%. Este valor clasifica al material compuesto como un suelo de baja plasticidad, lo cual es eficaz para la construcción con tierra. Esta característica garantiza que las unidades de adobe mantendrán su geometría casi intacta

frente a la retracción producida por la pérdida de humedad durante el secado al sol, previniendo eficazmente el agrietamiento.

TABLA XXVI
LÍMITE DE ATTERBERG DEL CANTÓN CHAMBO

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
SUELOS			
TIERRA NEGRA	48.36	37.72	10.64
TIERRA BLANCA	27.39	18.00	9.39
TIERRA CANGAHUA	29.70	16.69	13.01
MEZCLA	30.91	22.90	8.01

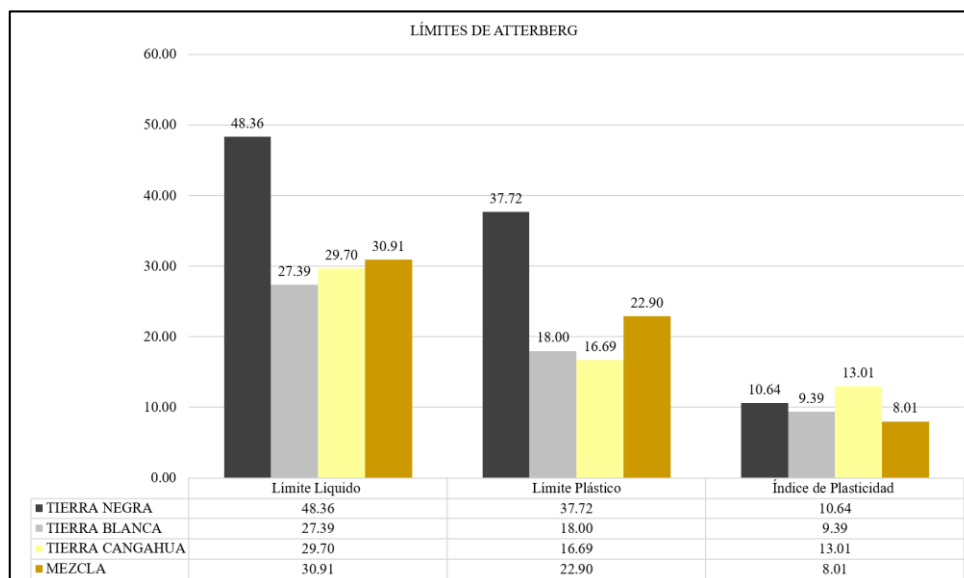


Fig. 48. Comparación de los Límites de Atterberg de los suelos

A. FASE II

Prueba “Cinta de barro”

Para realizar esta prueba empírica, se debe tomar una muestra de la mezcla obtenida con una humedad suficiente que permita conformar un cilindro de aproximadamente 12 mm de diámetro Fig. 49.



Fig. 49. Prueba de cinta



Fig. 50. Prueba de cinta

Apoyando en la mano la muestra, empezar a aplanar progresivamente hasta formar una cinta de aproximadamente 4mm de espesor Fig 51.



Fig. 51. Prueba de cinta

Se la deja colgada libremente hasta que termine de romperse por su propio peso.

Al someter la mezcla a la prueba experimental, el espécimen registró una longitud máxima de elongación de 11 cm Fig. 52. Este resultado evidencia y valida cuantitativamente que el suelo

analizado se encuentra dentro del rango de tolerancia exigido, confirmando que posee un nivel de plasticidad adecuado y las condiciones reológicas idóneas para garantizar la cohesión interna



Fig. 52. Prueba de cinta

Prueba “Presencia de arcilla o Resistencia seca”

Empezar formando 4 bolitas con la tierra de la zona que se considera apropiada para emplearla como material de construcción, agregar una pequeña cantidad de agua y se moldea sobre las palmas de las manos Fig. 53.



Fig. 53. Ensayo empírico bolitas de barro

Las 4 bolitas deben secarse durante un periodo de 48 horas, asegurando que no se humedezcan o mojen por lluvias u otros agentes externos Fig. 54.



Fig. 54. Ensayo empírico bolitas de barro

Durante la ejecución del ensayo, los cuatro especímenes mantuvieron su estructura intacta y no registraron pérdida de cohesión ni fallas mecánicas. Este comportamiento evidencia manera cualitativa que la mezcla posee una elevada resistencia en estado seco, confirmando que la proporción de aglomerantes naturales es la adecuada Fig. 55.



Fig. 55. Ensayo empírico bolitas de barro

B. FASE III

a) *Prueba de resistencia de los adobes*

Una vez obtenido los primeros adobes patrón, se elige 3 adobes en perfecto estado, es decir, que no muestren ningún agrietamiento y tampoco presente deformación, se apoyan un adobe sobre los otros y se coloca una persona sobre una pierna en la parte central. En este caso, el adobe resistió adecuadamente el peso de 80 kg durante el tiempo indicado por el ensayo, manteniendo su integridad y se demostró una buena capacidad resistente Fig. 56.



Fig. 56. Prueba de la resistencia del bloque de adobe

1) ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN

TABLA XXVII
COMPRESIÓN DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA

N°	MC 1.1	MC 1.2	MC 1.3	MC 1.4	MC 1.5	MC 1.6
Carga Máxima (kg)	2078.15	2047.56	1705.96	1883.39	2129.13	1499.98
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	20.47	20.07	16.51	18.46	20.42	14.38
MEJORES RESULTADOS	X	X		X	X	
MEDIA (kg/cm ²)	19.86					
Norma NTP. E.080 (kg/cm ²)	10.2					

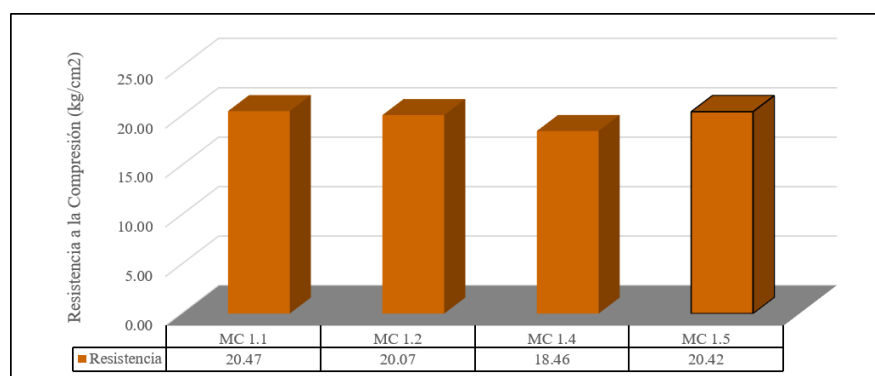


Fig. 57. Valores de resistencia a compresión media sin fibra de totora

Como se muestra en la Tabla XVII y en la Fig. 57, correspondientes al ensayo de resistencia a la compresión del adobe patrón sin incorporación de fibra de totora, se obtuvo una resistencia promedio de 19.86 kg/cm² considerando los cuatro especímenes con mejor comportamiento mecánico. Este valor supera ampliamente el mínimo establecido por la Norma NTP E.080 [22], la cual exige una resistencia mínima de 10.2 kg/cm² para unidades de adobe, representando un incremento porcentual del 94.71% respecto al valor normativo. Asimismo, los especímenes MC 1.3 y MC 1.6 no fueron considerados dentro del promedio final debido a que durante el proceso de secado presentaron pequeñas fisuras superficiales ocasionadas por una pérdida no uniforme de humedad. Estas discontinuidades afectaron directamente la capacidad resistente de las muestras, reduciendo significativamente sus valores de resistencia a compresión respecto a los demás especímenes evaluados.

TABLA XXVIII
COMPRESIÓN DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA

N°	MC 2.1	MC 2.2	MC 2.3	MC 2.4	MC 2.5	MC 2.6
Carga Máxima (kg)	2669.57	2945.91	2665.50	2799.08	2661.42	2778.68
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	26.37	27.90	25.62	26.45	25.83	26.97
MEJORES RESULTADOS	X	X		X		X
MEDIA (kg/cm ²)	26.92					
Resistencia media del patrón	19.86					

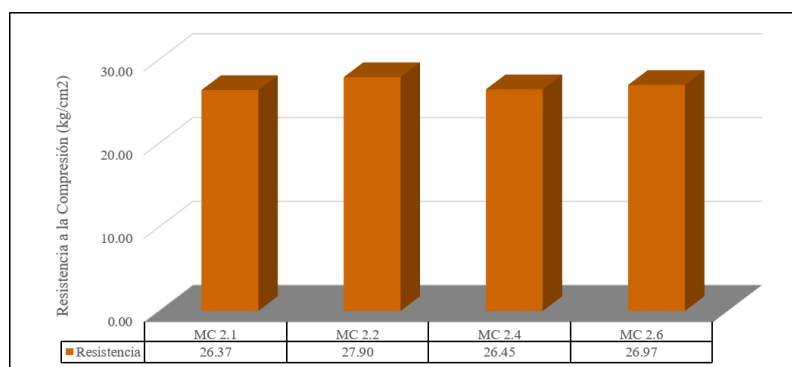


Fig. 58. Valores de resistencia a compresión media con 0.25% fibra de totora

Como se muestra en la Tabla XVIII y en la Figura 58, la resistencia a las muestras de adobe reforzado con 0.25% de fibra de totora presentó un valor promedio de 26.92 kg/cm², obtenido a partir de los cuatro especímenes con mejor comportamiento. Este resultado supera ampliamente el valor mínimo que resultó del promedio del cubo patrón correspondiente a 19.86 kg/cm², representando un incremento porcentual de 35.55%, lo cual evidencia una mejora significativa en la capacidad resistente del adobe mediante la incorporación de fibra natural de totora. Los especímenes MC 2.3 y MC 2.5 presentan diferencias mínimas respecto a las muestras seleccionadas evidenciando una respuesta mecánica relativamente homogénea entre los especímenes ensayados.

TABLA XXIX
COMPRESIÓN DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA

N°	MC 3.1	MC 3.2	MC 3.3	MC 3.4	MC 3.5	MC 3.6
Carga Máxima (kg)	1386.79	1400.05	1358.24	1420.44	1400.05	1550.96
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	13.49	13.66	13.15	13.79	13.42	14.80
MEJORES RESULTADOS	X	X		X		X
MEDIA (kg/cm ²)	13.93					
Resistencia media del patrón	19.86					

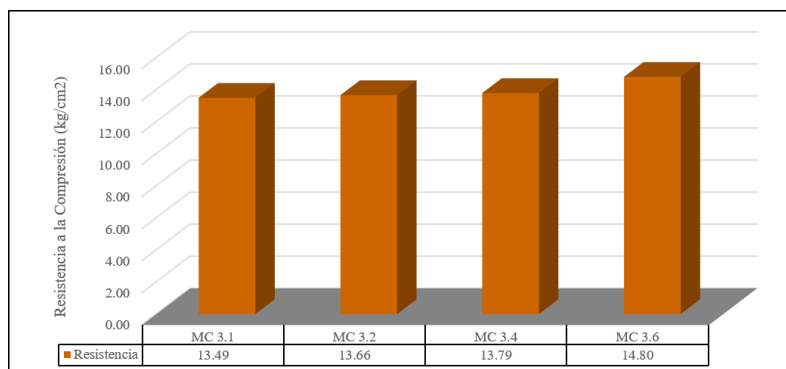


Fig. 59. Valores de resistencia a compresión media con 0.50 % de fibra de totora

Como se muestra en la Tabla XXIX y en la Figura 59, las muestras de adobe con adición de 0.50% de fibra de totora presentaron una resistencia promedio a compresión de 13.93 kg/cm², pero no logra superar la carga media de 19.86 kg/cm² del bloque patrón teniendo una disminución del 29.86%. Dentro de los cuatro mejores resultados seleccionados, el mayor valor fue de 14.80 kg/cm² en la muestra MC 3.6, mientras que el menor fue de 13.49 kg/cm² en la muestra MC 3.1, existiendo una diferencia de 1.31 kg/cm², equivalente a 9.71%. Se observa una reducción de resistencia, posiblemente asociada a una distribución no homogénea de la fibra dentro de la matriz, lo que pudo generar pequeños vacíos o fisuras internas que afectaron la compactación del bloque.

TABLA XXX
COMPRESIÓN DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA

Nº	MC 4.1	MC 4.2	MC 4.3	MC 4.4	MC 4.5	MC 4.6
Carga Máxima (kg)	1664.15	1454.09	1416.36	1491.82	1324.59	1491.82
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	16.52	13.98	13.78	14.41	13.15	14.04
MEJORES RESULTADOS	X	X		X		X
MEDIA (kg/cm ²)	14.74					
Resistencia media del patrón	19.86					

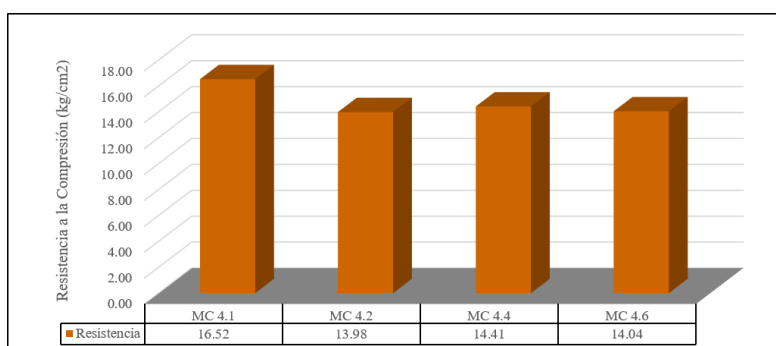


Fig. 60. Valores de resistencia a compresión media con 0.75% de fibra de totora

Como se observa en la Tabla XXX y en la Figura 60, las muestras de adobe con 0.75% de fibra de totora alcanzaron una resistencia promedio a compresión de 14.74 kg/cm², pero no

logra superar la carga media de 19.86 kg/cm² del bloque patrón teniendo una disminución del 25.78%. Entre los mejores resultados seleccionados, el valor máximo fue de 16.52 kg/cm² en la muestra MC 4.1, mientras que el menor fue de 13.98 kg/cm² en la muestra MC 4.2, generándose una diferencia de 2.54 kg/cm², equivalente a 18.17%. El incremento de fibra dificultó la distribución uniforme de la totora dentro del bloque.

TABLA XXXI
COMPRESIÓN DE ADOBE CON 1.00% FIBRA DE TOTORA

N°	MC 5.1	MC 5.2	MC 5.3	MC 5.4	MC 5.5	MC 5.6
Carga Máxima (kg)	1255.25	1237.92	1272.59	1275.64	1574.42	1486.72
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	12.55	12.38	12.73	12.76	15.74	14.87
MEJORES RESULTADOS			X	X	X	X
MEDIA (kg/cm ²)	14.02					
Resistencia media del patrón	19.86					

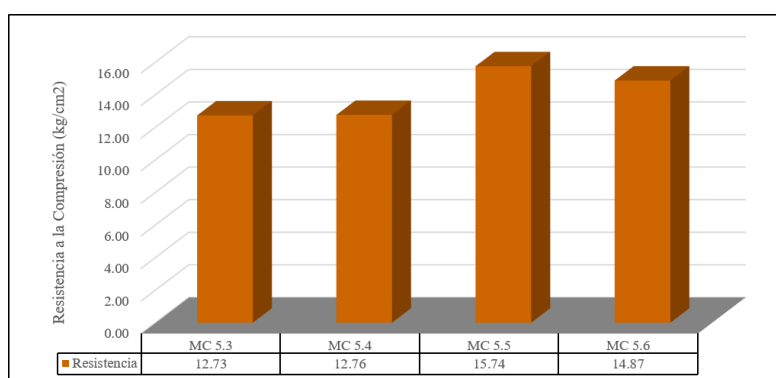


Fig. 61. Valores de resistencia a compresión media con 1.00% de fibra de totora

Como se presenta en la Tabla XXXI y en la Figura 61, las muestras de adobe con 1.00% de fibra de totora obtuvieron una resistencia promedio a compresión de 14.02 kg/cm², pero no logra superar la carga media de 19.86 kg/cm² del bloque patrón teniendo una disminución del 29.41%. En los cuatro mejores resultados, la muestra MC 5.5 alcanzó el mayor valor con 15.74 kg/cm², mientras que la muestra MC 5.3 presentó el menor valor seleccionado con 12.73 kg/cm², existiendo una diferencia de 3.01 kg/cm², equivalente a 23.64%. Esta variación evidencia una mayor dispersión en los resultados, posiblemente causada por el exceso de fibra de totora, que pudo generar amontonamientos, vacíos internos y zonas de menor compactación.

TABLA XXXII
PROMEDIO DEL ESFUERZO A COMPRESIÓN DE ADOBE

Descripción	Esfuerzo (kg/cm ²)
Adobe Convencional	19.86
MC + 0.25% de Totorá	26.92
MC + 0.50% de Totorá	13.93
MC + 0.75% de Totorá	14.74
MC + 1.00% de Totorá	14.02

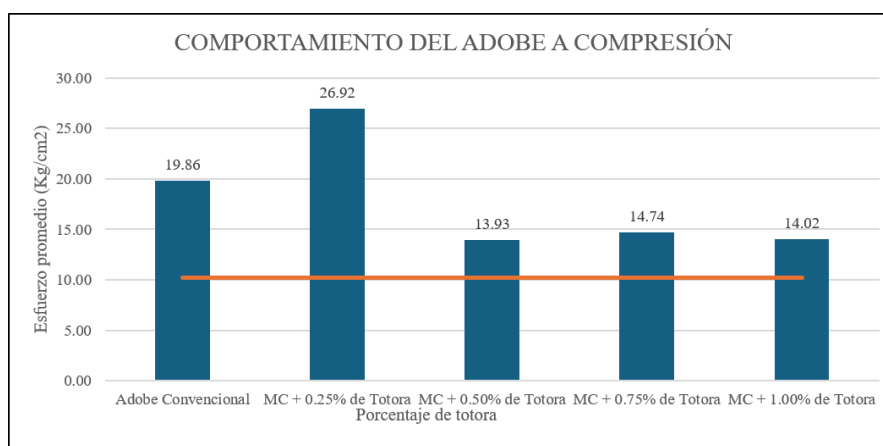


Fig. 62. Promedio de valores de resistencia a compresión del adobe

En la Tabla XXXII y la Figura 62, se presenta la consolidación de los esfuerzos promedio a compresión para todas las dosificaciones evaluadas. Los resultados evidencian variaciones significativas en la capacidad portante de los bloques según el porcentaje de fibra natural incorporado: el adobe convencional alcanzó 19.86 kg/cm² valor que supera en 94.71% el mínimo establecido por la Norma E.080 [22]; la mezcla con 0.25% registró el pico máximo con 26.92 kg/cm², en comparación con el adobe convencional, se obtuvo un incremento de 7.06 kg/cm², equivalente a 35.55%. Este comportamiento puede atribuirse a una adecuada manipulación de la mezcla, correcta dosificación de agua y buena adherencia entre la matriz de suelo y la fibra de totora de 5 cm de longitud y 3 mm de grosor.; la dosificación del 0.50% cayó a 13.93 kg/cm² siendo este el valor más bajo entre las muestras reforzadas. Esta reducción puede relacionarse con deficiencias durante la elaboración de los cubos, debido a que una mala distribución de la fibra pudo generar zonas de concentración, vacíos internos y pequeñas fisuras en los bloques, afectando su capacidad resistente frente a la carga axial.; la del 0.75% subió levemente a 14.74 kg/cm², la diferencia de resistencia entre las dosificaciones superiores no es muy grande. Los valores oscilan en un rango estrecho siendo 5.81% mayor y finalmente, la del 1.00% se estabilizó en 14.02 kg/cm². Esto indica que, a partir de 0.50% de fibra, el comportamiento mecánico tiende a estabilizarse en un rango cercano, aunque por debajo del adobe convencional y muy por debajo del resultado alcanzado con 0.25%.

2) ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A TRACCIÓN INDIRECTA ENSAYO BRASILEÑO

TABLA XXXIII
TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA

Nº	MP 1.1	MP 1.2	MP 1.3	MP 1.4	MP 1.5	MP 1.6
Carga Máxima (kg)	1203.25	1131.87	1014.60	1080.88	988.09	1101.28
Resistencia a la Tracción (kg/cm ²)	1.92	1.84	1.65	1.70	1.59	1.77
MEJORES RESULTADOS	X	X		X		X
MEDIA (kg/cm ²)	1.81					
Norma NTP. E.080 (kg/cm ²)	0.81					

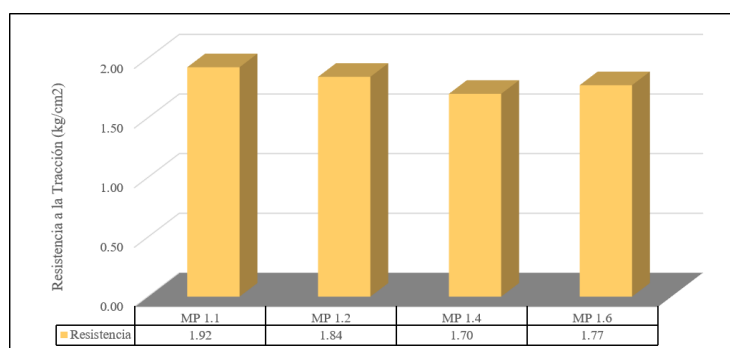


Fig. 63. Valores de resistencia a tracción indirecta media sin fibra de totora

En la Tabla XXXIII y en la Fig. 63, se presentan los resultados del ensayo de tracción indirecta del adobe convencional sin incorporación de fibra de totora. El promedio de los cuatro mejores especímenes fue de 1.81 kg/cm², valor que supera en 123.46% el mínimo de 0.81 kg/cm² establecido como referencia por la Norma NTP E.080 [22]. Dentro de los mejores resultados, el valor máximo fue de 1.92 kg/cm² correspondiente a la muestra MP 1.1, mientras que el menor valor seleccionado fue de 1.70 kg/cm² en la muestra MP 1.4, existiendo una diferencia de 0.22 kg/cm², equivalente a una variación aproximada de 12.15% respecto al promedio. Los especímenes no considerados, MP 1.3 y MP 1.5, registraron resistencias de 1.65 kg/cm² y 1.59 kg/cm², respectivamente, por pequeñas diferencias en el proceso de compactación, secado o distribución interna de humedad dentro de las probetas.

TABLA XXXIV
TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA

N°	MP 2.1	MP 2.2	MP 2.3	MP 2.4	MP 2.5	MP 2.6
Carga Máxima (kg)	1447.97	1743.69	1284.82	1539.75	1172.66	1468.37
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	2.21	2.69	1.99	2.39	1.83	2.25
MEJORES RESULTADOS	X	X		X		X
MEDIA (kg/cm ²)	2.39					
Resistencia media del patrón	1.81					

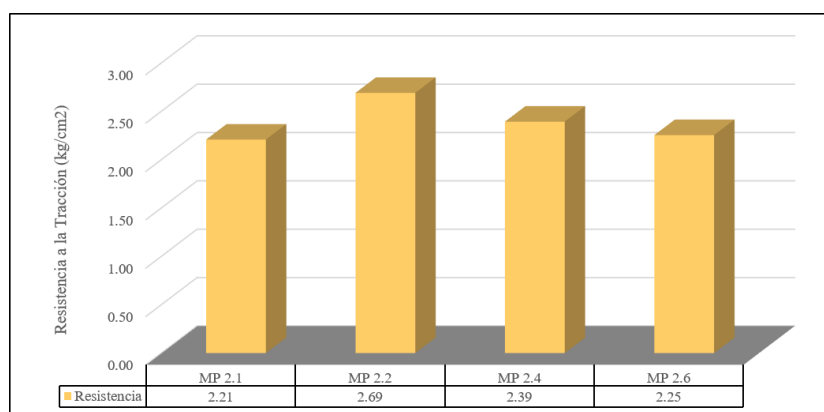


Fig. 64. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 0.25% de fibra de totora

En la Tabla XXXIV y en la Fig. 64, se muestran los resultados de tracción indirecta del adobe con 0.25% de fibra de totora, obteniéndose un promedio de 2.39 kg/cm² en los cuatro mejores especímenes. Este valor representa un incremento de 32.04% respecto al adobe patrón. El mejor resultado individual fue de 2.69 kg/cm² en la muestra MP 2.2, mientras que el menor valor seleccionado fue de 2.21 kg/cm² en la muestra MP 2.1, con una diferencia de 0.48 kg/cm², equivalente a una variación aproximada de 20.08% respecto al promedio. Este incremento puede explicarse por la adecuada distribución y adherencia de la fibra de totora dentro de la matriz de suelo, ya que la fibra de 5 cm de longitud y 3 mm de grosor pudo actuar como elemento de amarre interno, controlando la propagación de fisuras diametrales durante el ensayo brasileño.

TABLA XXXV
TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA

N°	MP 3.1	MP 3.2	MP 3.3	MP 3.4	MP 3.5	MP 3.6
Carga Máxima (kg)	1014.60	1009.50	1315.41	1111.47	1004.40	1223.64
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	1.59	1.55	2.06	1.71	1.54	1.91
MEJORES RESULTADOS	X		X	X		X
MEDIA (kg/cm ²)	1.82					
Resistencia media del patrón	1.81					

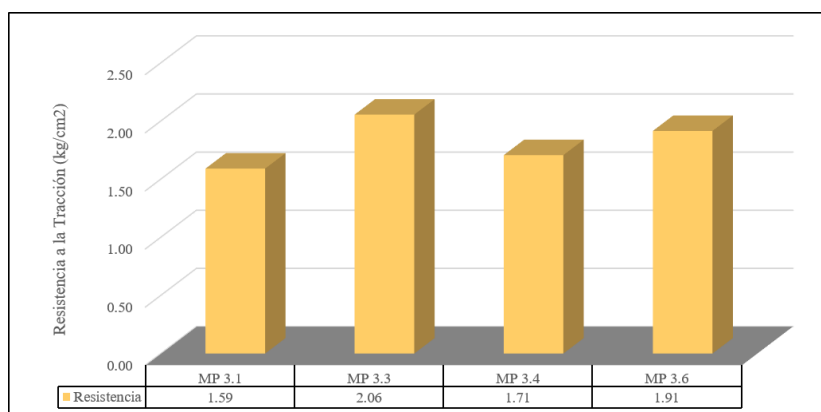


Fig. 65. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 0.50% de fibra de totora

En la Tabla XXXV y en la Fig. 65, se presentan los resultados de tracción indirecta del adobe con 0.50% de fibra de totora, alcanzando un promedio de 1.82 kg/cm², presentando un incremento mínimo de 0.55% respecto al adobe convencional, por lo que su comportamiento puede considerarse prácticamente similar al bloque patrón. Sin embargo, al compararlo con la dosificación de 0.25%, se observa una reducción de 23.85%, pasando de 2.39 kg/cm² a 1.82 kg/cm². El mayor resultado individual fue de 2.06 kg/cm² en la muestra MP 3.3, mientras que el menor valor seleccionado fue de 1.59 kg/cm² en la muestra MP 3.1, con una diferencia de 0.47 kg/cm². Esta disminución respecto al 0.25% puede asociarse a una menor homogeneidad en la mezcla, debido a que el aumento de fibra pudo generar zonas de acumulación, vacíos internos o discontinuidades que redujeron la eficiencia del refuerzo frente a la tracción indirecta.

TABLA XXXVI
TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA

Nº	MP 4.1	MP 4.2	MP 4.3	MP 4.4	MP 4.5	MP 4.6
Carga Máxima (kg)	999.31	1019.70	961.58	1050.29	930.99	904.47
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	1.53	1.60	1.49	1.63	1.45	1.46
MEJORES RESULTADOS	X	X	X	X		
MEDIA (kg/cm ²)	1.56					
Resistencia media del patrón	1.81					

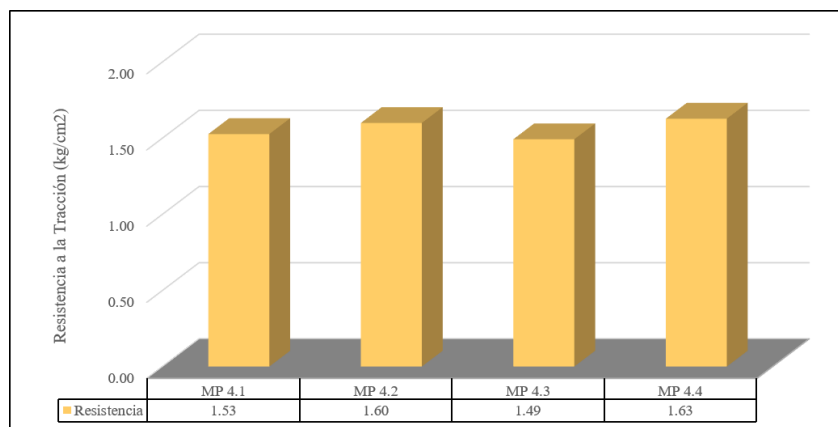


Fig. 66. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 0.75% de fibra de totora

En la Tabla XXXVI y en la Fig. 66, se presentan los resultados del ensayo de tracción indirecta del adobe con 0.75% de fibra de totora, obteniéndose un promedio de 1.56 kg/cm² en los cuatro mejores especímenes, sin embargo, representa una disminución de 13.81% respecto al adobe patrón y una reducción de 34.73% en comparación con la dosificación de 0.25%, que alcanzó 2.39 kg/cm². Entre las muestras seleccionadas, el mayor valor fue de 1.63 kg/cm² en la muestra MP 4.4, mientras que el menor fue de 1.49 kg/cm² en la muestra MP 4.3, con una diferencia de 0.14 kg/cm², equivalente a una variación aproximada de 8.97% respecto al promedio, lo que evidencia un comportamiento relativamente uniforme entre las probetas ensayadas.

TABLA XXXVII
TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE CON 1.00% FIBRA DE TOTORA

Nº	MP 5.1	MP 5.2	MP 5.3	MP 5.4	MP 5.5	MP 5.6
Carga Máxima (kg)	1182.85	681.16	1007.46	1193.05	939.14	841.25
Resistencia a la Compresión (kg/cm ²)	1.80	1.02	1.53	1.84	1.43	1.28
MEJORES RESULTADOS	X		X	X	X	
MEDIA (kg/cm ²)	1.65					
Resistencia media del patrón	1.81					

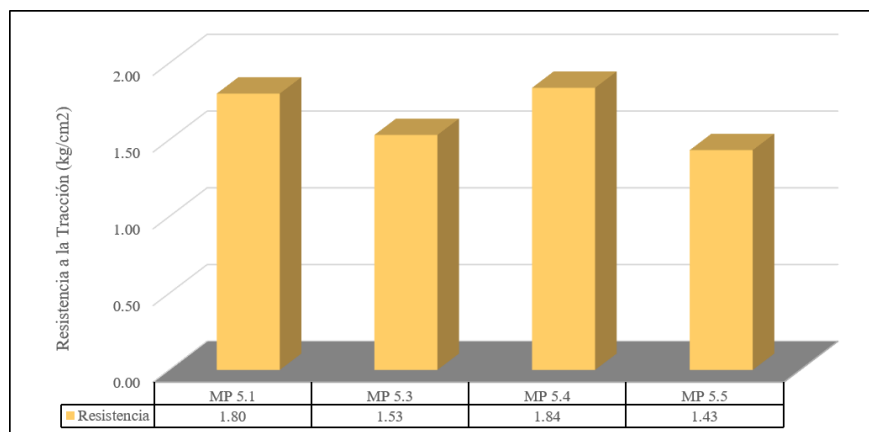


Fig. 67. Valores de resistencia a tracción indirecta media con 1.00% de fibra de totora

En la Tabla XXXVII y en la Fig. 67. se muestran los resultados de tracción indirecta del adobe con 1.00% de fibra de totora, obteniéndose un promedio de 1.65 kg/cm², sin embargo, presenta una disminución de 8.84% respecto al adobe convencional y una reducción de 30.96% en comparación con la dosificación óptima de 0.25%. Dentro de los especímenes seleccionados, el valor máximo fue de 1.84 kg/cm² en la muestra MP 5.4, mientras que el menor valor considerado fue de 1.43 kg/cm² en la muestra MP 5.5, con una diferencia de 0.41 kg/cm². Además, los especímenes MP 5.2 y MP 5.6 presentaron valores bajos de 1.02 kg/cm² y 1.28 kg/cm², respectivamente, lo que evidencia una mayor dispersión de resultados.

TABLA XXXVIII
PROMEDIO DEL ESFUERZO A TRACCIÓN INDIRECTA DE ADOBE

descripción	Esfuerzo (kg/cm2)
Adobe convencional	1.81
MP + 0.25% de Totora	2.39
MP + 0.50% de Totora	1.82
MP + 0.75% de Totora	1.56
MP + 1.00% de Totora	1.65

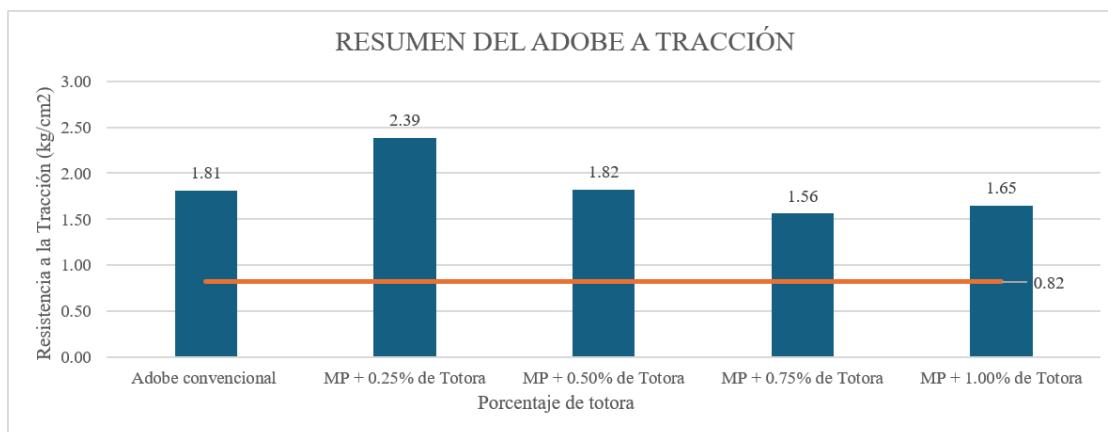


Fig. 68. Promedio de valores de resistencia a tracción indirecta del adobe

Como se muestra en la Tabla XXXVIII y en la Figura 68, el resumen de resistencia a tracción indirecta del adobe, evidencia que todas las probetas cilíndricas ensayadas superaron el valor mínimo de referencia de 0.82 kg/cm². El adobe convencional presentó una resistencia promedio de 1.81 kg/cm², lo que representa un incremento de 120.73% respecto al valor normativo. La dosificación del 0.25% demostró ser extraordinariamente eficiente para soportar esfuerzos de tracción, es decir, esta pequeña adición de fibra logró más que duplicar la resistencia a la tracción del bloque convencional. Este incremento superlativo se debe a la correcta manipulación y a la excelente adherencia interfacial lograda durante la fabricación de los cilindros. Las dimensiones de la totora, 5 cm de largo y 3 mm de grosor, actuaron como un puente de transferencia de tensiones perfecto en el interior del cilindro. El porcentaje del 0.50% cae a 1.82 kg/cm² igualando prácticamente a la muestra patrón. A partir de este punto, las diferencias entre las dosificaciones más altas muestran un estancamiento en la pérdida de resistencia. En las dosificaciones de 0.75% y 1.00% se obtuvieron resistencias promedio de 1.56 kg/cm² y 1.65 kg/cm², respectivamente. La muestra con 0.75% presentó el menor desempeño, con una reducción de 13.81% respecto al adobe convencional. Esta disminución puede deberse a que el exceso de fibra dificultó la compactación y homogeneidad de la mezcla, generando posibles vacíos internos, zonas de concentración de fibra o pequeñas fisuras en las probetas.

En comparación con Aldana Montenegro [17] donde evaluó el comportamiento a tracción indirecta o ensayo brasileño en probetas de barro preliminares sin estabilizar, reportando resistencias que oscilaron entre 1.08 kg/cm² y 1.36 kg/cm². Si bien estos valores de tierra cruda cumplen con el mínimo exigido por la norma E.080 0.81 kg/cm² [22], la presente investigación logra un salto mecánico extraordinario al alcanzar 2.39 kg/cm² con la adición de apenas un 0.25% de fibra de totora. A diferencia de Franco Asencios y Montoya Díaz [13] quienes

evaluaron la resistencia a tracción indirecta en cilindros de adobe de 6 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de altura, con dosificaciones de 0%, 0.4%, 0.7% y 1.0% de fibra de totora. En su estudio, los valores promedio fueron 2.238 kgf/cm² para el adobe convencional, 2.273 kgf/cm² con 0.4%, 2.346 kgf/cm² con 0.7% y 2.663 kgf/cm² con 1.0% de fibra, mostrando una tendencia ascendente conforme aumentó el contenido de totora. Esta diferencia puede explicarse por las condiciones particulares de elaboración, tipo de suelo, humedad de la mezcla, compactación y dimensiones de la fibra empleada.

3) ANÁLISIS DEL MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO A FLEXIÓN)

TABLA XXXIX
FLEXIÓN DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA

N°	ML 1.1	ML 1.2	ML 1.3	ML 1.4	ML 1.5
Carga Máxima (kg)	122.08	112.35	114.04	103.70	120.28
Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	6.08	4.65	4.43	3.97	4.49
MEDIA (kg/cm ²)	4.73				

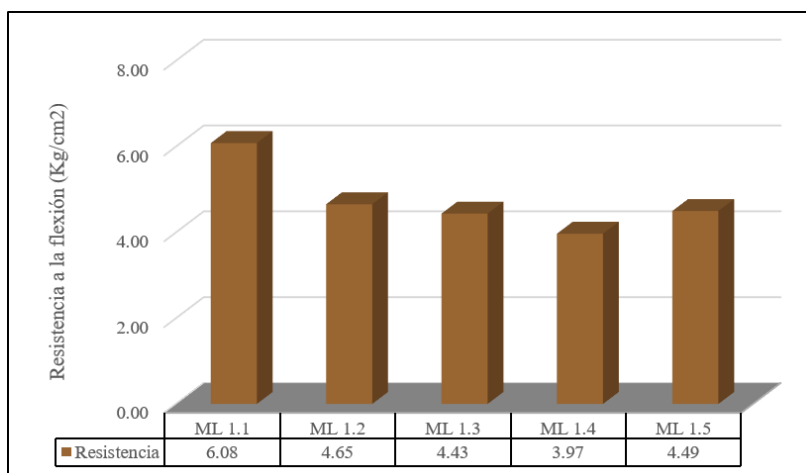


Fig. 69. Valores de resistencia a flexión media sin fibra de totora

En la tabla XXXIX y Fig. 69, el adobe convencional alcanzó un esfuerzo promedio a flexión de 4.73 kg/cm². La muestra ML 1.1 presentó la mayor resistencia, con 6.08 kg/cm², superando en 28.54% al promedio general; mientras que la muestra ML 1.4 registró el menor valor, con 3.97 kg/cm², equivalente a una reducción de 16.07% respecto a la media. Durante la inspección, se observaron pequeñas fisuras superficiales, las cuales pudieron influir en la distribución de esfuerzos y explicar las diferencias registradas.

TABLA XL
FLEXIÓN DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA

N°	ML 2.1	ML 2.2	ML 2.3	ML 2.4	ML 2.5
Carga Máxima (kg)	151.42	179.88	187.82	190.61	146.72
Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	5.89	7.09	7.45	8.21	5.63
MEDIA (kg/cm ²)	6.85				

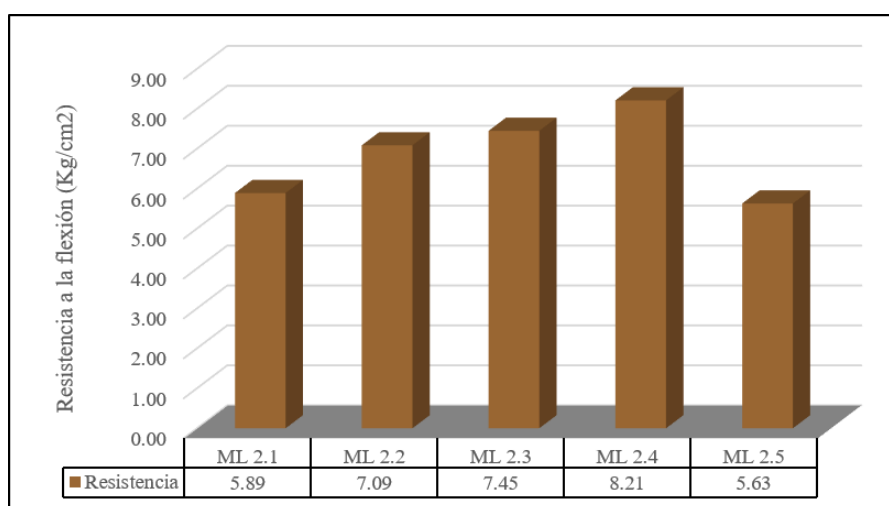


Fig. 70. Valores de resistencia a flexión media con 0.25% de fibra de totora

En la Tabla XL y Fig. 70, muestran los resultados con incorporación de 0.25% de fibra de totora, con una resistencia promedio a flexión de 6.85 kg/cm², lo que representa un incremento de 44.82% respecto al adobe patrón de 4.73 kg/cm². La muestra ML 2.4 presentó el mayor valor, con 8.21 kg/cm², por su parte, la muestra ML 2.5 registró la menor resistencia, con 5.63 kg/cm². Entre el valor máximo y mínimo se obtuvo una diferencia de 45.83%, debido a pequeñas variaciones en la distribución de la fibra, compactación y secado de las unidades.

TABLA XLI
FLEXIÓN DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA

N°	ML 3.1	ML 3.2	ML 3.3	ML 3.4	ML 3.5
Carga Máxima (kg)	81.92	108.79	87.91	91.61	81.75
Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	3.03	3.52	3.28	3.30	2.94
MEDIA (kg/cm ²)	3.21				

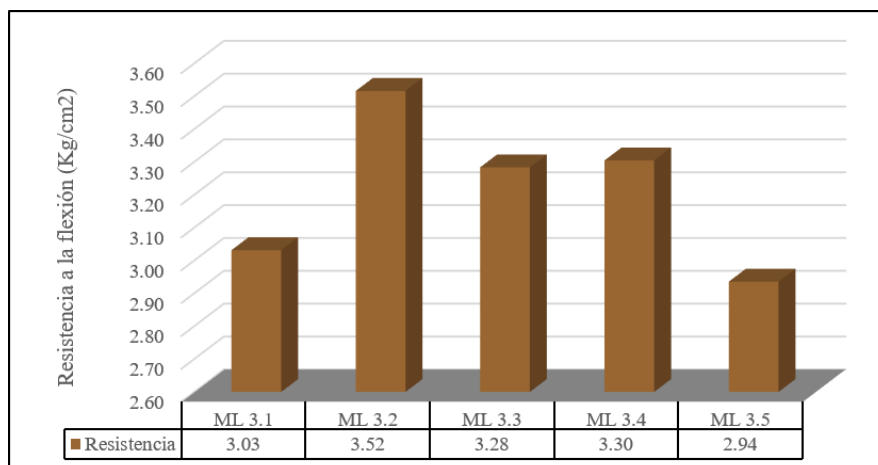


Fig. 71. Valores de resistencia a flexión media con 0.50% de fibra de totora

En la Tabla XLI y Fig. 71, con la incorporación de 0.50% de fibra de totora alcanzaron una resistencia promedio a flexión de 3.21 kg/cm², valor que representa una disminución de 32.14% respecto al adobe patrón. La muestra ML 3.2 presentó la mayor resistencia, con 3.52 kg/cm² mientras que la muestra ML 3.5 registró el menor resultado, con 2.94 kg/cm², al comparar, ML 3.2 fue 19.73% superior a ML 3.5; pero permanecieron por debajo del promedio del adobe patrón. Durante la inspección se identificó una mayor presencia de fisuras y pequeñas diferencias geométricas entre los bloques.

TABLA XLII
FLEXIÓN DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA

Nº	ML 4.1	ML 4.2	ML 4.3	ML 4.4	ML 4.5
Carga Máxima (kg)	80.49	90.31	84.18	90.89	88.56
Resistencia a la Flexión (kg/cm2)	3.29	2.94	3.40	3.32	3.72
MEDIA (kg/cm2)	3.33				

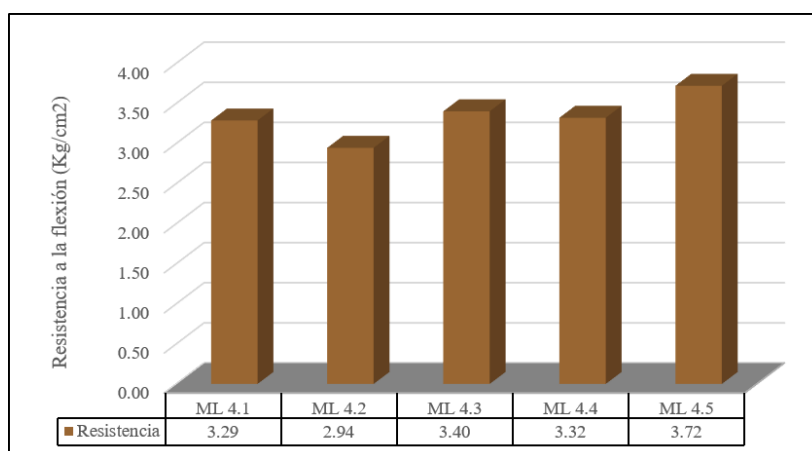


Fig. 72. Valores de resistencia a flexión media con 0.75% de fibra de totora

En la Tabla XLII y Fig. 72, con la incorporación de 0.75% de fibra de totora alcanzaron una resistencia promedio a flexión de 3.33 kg/cm², valor que representa una disminución de 29.60% respecto al adobe patrón. La muestra ML 4.5 presentó el mayor resultado, con 3.72 kg/cm² mientras que la muestra ML 4.2 registró el menor valor, con 2.94 kg/cm², se obtuvo una diferencia de 26.53%. A diferencia con la dosificación de 0.50%, que alcanzó 3.21 kg/cm², el contenido de 0.75% presentó un ligero incremento de 3.74%. Durante la inspección se observó un aumento progresivo de las fisuras en los bloques, acompañado de pequeñas irregularidades geométricas.

TABLA XLIII
FLEXIÓN DE ADOBE CON 1.00% DE FIBRA DE TOTORA

N°	ML 5.1	ML 5.2	ML 5.3	ML 5.4	ML 5.5
Carga Máxima (kg)	84.90	80.59	92.16	52.64	64.96
Resistencia a la Flexión (kg/cm ²)	2.96	2.41	3.46	2.17	2.48
MEDIA (kg/cm ²)	2.70				

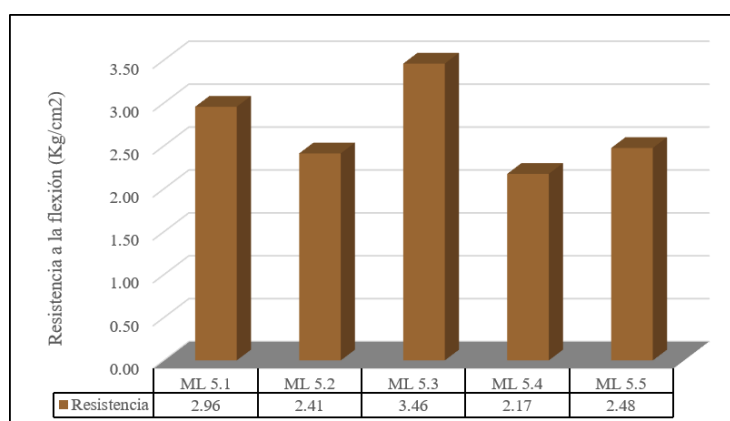


Fig. 73. Valores de resistencia a flexión media con 1.00% de fibra de totora

La Tabla XLIII y Fig. 73, la incorporación de 1.00% de fibra de totora alcanzaron una resistencia promedio a flexión de 2.70 kg/cm², este resultado representa una disminución de 42.92% respecto al adobe patrón. La muestra ML 5.3 presentó la mayor resistencia, con 3.46 kg/cm² mientras que la muestra ML 5.4 obtuvo el menor resultado, con 2.17 kg/cm². Durante la inspección se observaron fisuras más notorias, principalmente en las zonas donde existía una mayor concentración de fibra de totora. Esta acumulación irregular pudo dificultar la compactación y la unión entre las partículas del suelo.

TABLA XLIV
PROMEDIO DEL ESFUERZO A FLEXIÓN DE ADOBE

Descripción	Esfuerzo (kg/cm ²)
Adobe convencional	4.73
ML + 0.25% de Totorá	6.85
ML + 0.50% de Totorá	3.21
ML + 0.75% de Totorá	3.33
ML + 1.00% de Totorá	2.70

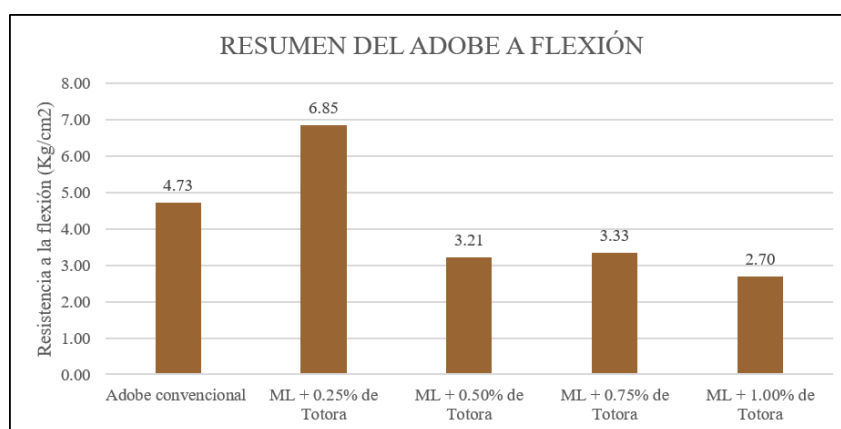


Fig. 74. Promedio de valores de resistencia a flexión del adobe

La Tabla XLIV y Fig. 74. el adobe patrón obtuvo un promedio de 4.73 kg/cm², la incorporación de 0.25% de fibra de totora produjo el mayor resultado, con 6.85 kg/cm², teniendo a un incremento de 44.82%. Sin embargo, al aumentar la dosificación, la resistencia disminuyó. Esta tendencia demuestra que la fibra mejoró el comportamiento a flexión únicamente en una proporción reducida, permitió controlar la formación y propagación de fisuras sin afectar la mezcla. Por el contrario, al incrementar el contenido de totora se observaron más fisuras, diferencias geométricas y acumulaciones de fibra, lo cual pudo dificultar la compactación, generar vacíos y reducir la adherencia entre la fibra y la matriz de suelo.

Al comparar los resultados con otras investigaciones, Laime Ancalle [16] obtuvo 4.07 kg/cm² en el adobe patrón y resistencias de 4.40, 6.50 y 10.08 kg/cm² con 1.50%, 3.00% y 4.50% de fibra de totora, respectivamente, mostrando una tendencia creciente diferente a lo obtenido. Por otra parte, Calisaya Quispe y Gómez Fernández [11] obtuvieron 4.242 kg/cm² en el adobe tradicional, pero al incorporar 1.50% de totora con 5% y 10% de cal, la resistencia

disminuyó a 1.592 y 1.250 kg/cm², respectivamente. Estas diferencias se relacionan con el tipo y clasificación del suelo, la longitud y naturaleza de la fibra, el contenido de humedad, el procedimiento de moldeo, la compactación, el secado, las dimensiones de los bloques y la configuración del ensayo. Por lo tanto, estos resultados sirven como referencia, pero no se pueden comparar directamente porque cada investigación utilizó materiales y procedimientos diferentes.

4) ANÁLISIS DEL ENSAYO DE ABSORCIÓN

TABLA XLV
ABSORCIÓN DE ADOBE SIN FIBRA DE TOTORA

Nº	MA 1.1	MA 1.2	MA 1.3	MA 1.4	MA 1.5
Peso Seco (kg)	6.15	6.17	6.10	6.35	6.09
Peso Saturado (kg)	2.35	2.47	2.19	2.94	2.09
Porcentaje de Absorción (%)	61.79	59.97	64.10	53.70	65.68
MEDIA (kg/cm2)	61.05				

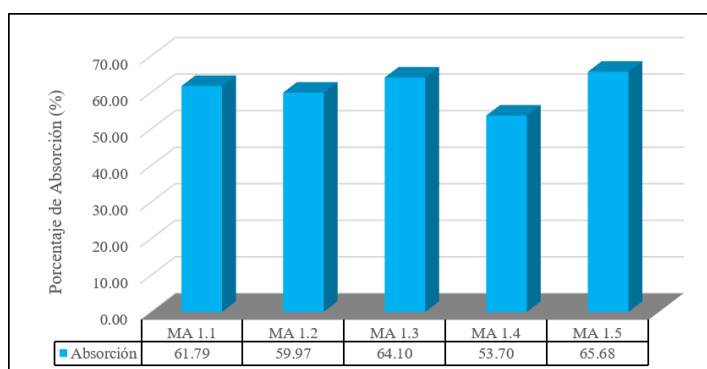


Fig. 75. Valores de porcentaje de absorción media sin fibra de totora

La Tabla XLV y Fig. 75. expone la alta vulnerabilidad de la tierra cruda ante la inmersión. El bloque convencional registró una absorción promedio de 61.05%, con una variación interna considerable del 11.98% entre la muestra de mayor absorción (MA 1.5 con 65.68%) y la de menor absorción (MA 1.4 con 53.70%). En términos de durabilidad, estos especímenes lograron mantener su integridad estructural durante apenas 1 hora antes de desintegrarse por completo en el agua.

TABLA XLVI
ABSORCIÓN DE ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA

N°	MA 2.1	MA 2.2	MA 2.3	MA 2.4	MA 2.5
Peso Seco (kg)	6.77	6.61	6.71	6.63	6.66
Peso Saturado (kg)	0.76	0.94	1.10	1.27	1.13
Porcentaje de Absorción (%)	88.77	85.78	83.61	80.84	83.03
MEDIA (kg/cm ²)	84.41				

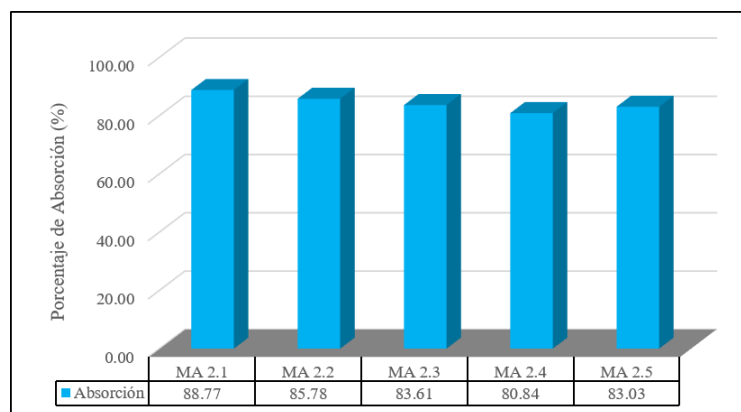


Fig. 76. Valores de porcentaje de absorción media con 0.25% de fibra de totora

En la Tabla XLVI y Fig. 76, muestran el comportamiento hídrico y estructural del mampuesto que cambió drásticamente, registrando el mejor desempeño de retención física del estudio. Aunque el promedio de absorción aumentó a 84.41% con una fluctuación interna más controlada del 7.93% entre la probeta MA 2.1 con 88.77% y la MA 2.4 con 80.84%, la fibra logró unificar la matriz, permitiendo que el bloque resistiera 2 horas sumergido antes de su desintegración.

TABLA XLVII
ABSORCIÓN DE ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA

N°	MA 3.1	MA 3.2	MA 3.3	MA 3.4	MA 3.5
Peso Seco (kg)	6.16	6.22	6.18	6.22	6.23
Peso Saturado (kg)	0.92	0.83	0.20	1.05	0.83
Porcentaje de Absorción (%)	85.06	86.66	96.76	83.12	86.68
MEDIA (kg/cm ²)	87.66				

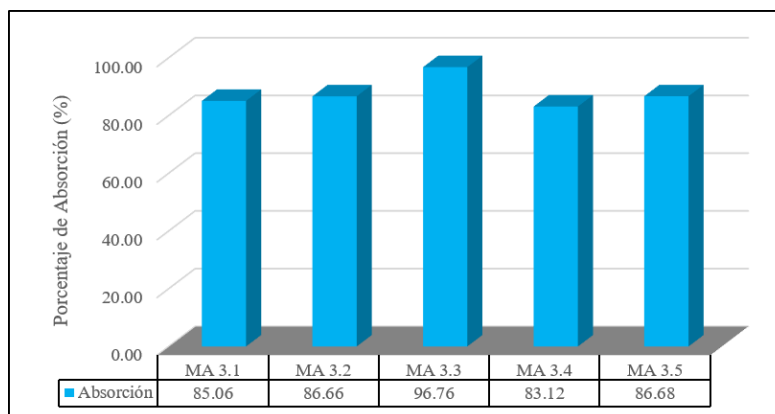


Fig. 77. Valores de porcentaje de absorción media con 0.50% de fibra de totora

La Tabla XLVII y la Fig. 77. muestran que, al incrementar la dosis al 0.50%, el promedio de absorción alcanzó su punto más alto antes del fallo total, situándose en 87.66%. En este grupo se observó la mayor inestabilidad entre muestras, con una notable diferencia del 13.64% entre el espécimen MA 3.3 que alcanzó un atípico 96.76% y el MA 3.4 que alcanzó un 83.12%. El tiempo de resistencia estructural retrocedió a 1 hora, igualando al adobe convencional. Estas fisuras en el interior del bloque; el agua penetra más rápido a través de la interfaz entre la tierra y la materia vegetal, acelerando la pérdida de cohesión.

TABLA XLVIII
ABSORCIÓN DE ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA

N°	MA 4.1	MA 4.2	MA 4.3	MA 4.4	MA 4.5
Peso Seco (kg)	6.32	6.41	6.30	6.49	6.41
Peso Saturado (kg)	1.03	0.98	1.08	1.23	1.17
Porcentaje de Absorción (%)	83.70	84.71	82.86	81.05	81.75
MEDIA (kg/cm2)	82.81				

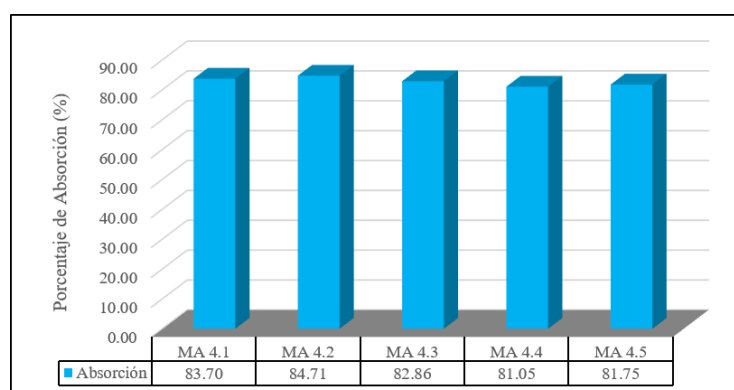


Fig. 78. Valores de porcentaje de absorción media con 0.75% de fibra de totora

La Tabla XLVIII y Fig. 78, registró un promedio de absorción de 82.81%, caracterizado por una dispersión de datos sumamente estrecha, con apenas un 3.66% de diferencia entre el

valor máximo (MA 4.2 con 84.71%) y el mínimo (MA 4.4 con 81.05%). A pesar de esta uniformidad en la captación de agua, los bloques sufrieron una degradación crítica, desintegrándose en apenas 30 minutos. Este colapso prematuro se debe a que la alta saturación de totora en la mezcla desplazó una cantidad excesiva de tierra.

TABLA XLIX
ABSORCIÓN DE ADOBE CON 1.00% DE FIBRA DE TOTORA

Nº	MA 5.1	MA 5.2	MA 5.3	MA 5.4	MA 5.5
Peso Seco (kg)	6.34	5.97	6.17	6.44	6.14
Peso Saturado (kg)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Porcentaje de Absorción (%)	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
MEDIA (kg/cm ²)	100.00				

La Tabla XLIX evidencia el punto de fallo catastrófico del diseño: la adición del 1.00% de totora resultó en un 100.00% de absorción para las cinco probetas ensayadas. Estos especímenes no lograron resistir ni siquiera 30 minutos en inmersión. El exceso desproporcionado de material vegetal intensificó las fisuras de contracción generadas durante la etapa de secado previo, creando vías directas para el ingreso masivo del agua. Esto provocó el desmenuzamiento inmediato de los bloques y ocasionó que la gran cantidad de totora liberada saliera a flote.

TABLA L
PROMEDIO DEL PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE ADOBE EN 60 MINUTOS

Desintegro de la muestra 60 minutos	
Descripción	Absorción (%)
Adobe convencional	61.05
MA + 0.25% de Totora	43.96
MA + 0.50% de Totora	87.66
MA + 0.75% de Totora	100
MA + 1.00% de Totora	100

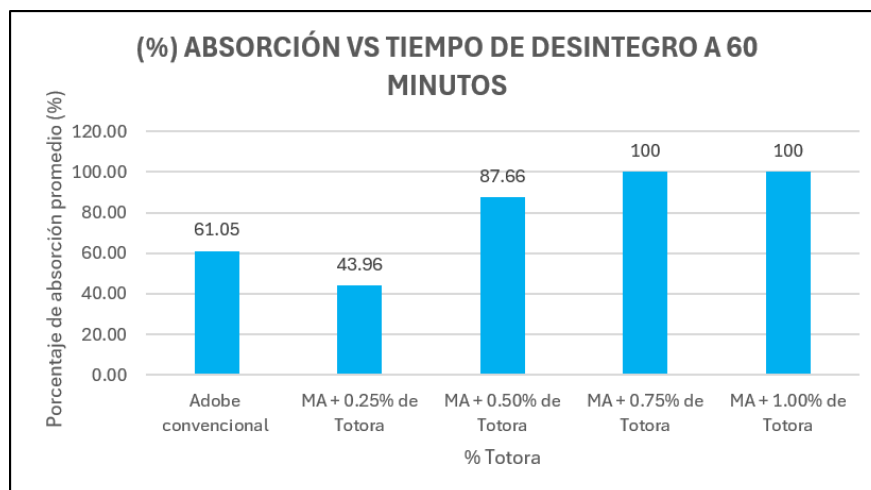


Fig. 79. Promedio de valores de porcentaje de absorción del adobe en 60 minutos

Como se muestra en la Tabla L y en la Figura 79, el ensayo de absorción evidenció que ninguna de las muestras logró completar las 24 horas de inmersión establecidas por la ASTM C67-05 [31], debido a que los bloques comenzaron a desintegrarse al cabo de pocas horas. Este comportamiento confirma la alta vulnerabilidad del adobe frente a la acción directa del agua, especialmente cuando existe presencia de poros, fisuras o fibras vegetales con capacidad de retención de humedad. La muestra con 0.25% de totora registró un porcentaje de absorción del 43.96% al cabo de 60 minutos, demostrando el mejor desempeño frente a la degradación, logrando resistir sumergida durante 1 hora. Este comportamiento indica que la cantidad equilibrada de fibra proporcionó una red de confinamiento interno que mantuvo cohesionada la matriz de tierra por el doble de tiempo que el bloque sin refuerzo, a pesar de la mayor entrada de agua. Para la dosificación de 0.50% de fibra de totora, la absorción en 60 minutos fue de 87.66%. Esto sugiere que el incremento de fibra aumentó la capacidad del bloque para retener agua, pero no mejoró su estabilidad frente a inmersión prolongada. La presencia de fibra pudo generar zonas de mayor porosidad o espacios de entrada de agua, facilitando la penetración del líquido hacia el interior del bloque. Finalmente, la mezcla con el 1.00% de totora registró un 100.00% de absorción, desintegrándose por completo antes de alcanzar los 30 minutos de prueba. Este colapso estructural acelerado se debe directamente al exceso de material orgánico: la abundancia de totora impidió una compactación adecuada, generando un exceso de poros y grietas internas en el bloque.

Para solucionar esta vulnerabilidad, investigaciones como la de Aldana Montenegro [17] demostraron que al combinar la fibra de totora +4% con un estabilizante químico como la cal 5%, se logra impermeabilizar la matriz. Gracias a esta estabilización combinada, sus bloques lograron soportar las 24 horas de inmersión exigidas y redujeron su índice de absorción a un

11.30% frente al 23.50% de sus bloques convencionales. La diferencia más marcada se observa al comparar la mejor dosificación de Malásquez Aburto y Ramírez Luján [12], correspondiente al 3.5% de totora con 16.01% de absorción, frente al mejor comportamiento relativo de esta investigación, correspondiente al 0.25% de totora, que alcanzó 87.66% de absorción y resistió 2 horas antes de desintegrarse. Aunque el valor de absorción de la presente investigación es mayor, el análisis debe considerar que las muestras presentaron desintegración progresiva, lo que pudo alterar el peso registrado y elevar el porcentaje final.

II. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

A. HIPÓTESIS

La incorporación de fibra natural de totora en dosificaciones controladas mejora las propiedades físico-mecánicas del adobe en comparación con el adobe convencional, de acuerdo con los criterios técnicos de la Norma E.080, permitiendo determinar una dosificación óptima para su posible aplicación en construcciones sostenibles.

B. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Con base en los resultados experimentales obtenidos, la hipótesis planteada para la incorporación de fibra natural de totora en muestras de adobe se considera parcialmente validada, debido a que la adición en baja dosificación, específicamente el 0.25 %, presentó el mejor comportamiento físico-mecánico frente al adobe convencional. En el ensayo de compresión, el adobe patrón alcanzó una resistencia promedio de 19.86 kg/cm², mientras que la muestra con 0.25 % de fibra de totora registró 26.92 kg/cm², lo que representa un incremento de 35.55 % respecto al adobe sin refuerzo. De igual manera, en el ensayo de tracción indirecta, el adobe convencional obtuvo 1.81 kg/cm², mientras que la dosificación de 0.25 % alcanzó 2.39 kg/cm², equivalente a un aumento de 32.04 %. En flexión, el comportamiento, el adobe patrón presentó un promedio de 4.73 kg/cm² y la muestra con 0.25% llegó a 6.85 kg/cm², generando un incremento aproximado de 44.82%. Estos resultados evidencian que una baja cantidad de fibra mejora la capacidad resistente del adobe.

No obstante, la hipótesis se rechaza para las dosificaciones superiores al 0.25 %, debido a que el aumento progresivo de fibra no generó una mejora continua en las propiedades mecánicas. En compresión, las muestras con 0.50 %, 0.75 % y 1.00 % alcanzaron resistencias promedio de 13.93 kg/cm², 14.74 kg/cm² y 14.02 kg/cm², respectivamente, valores inferiores al adobe convencional, aunque todavía superiores al mínimo de 10.2 kg/cm² establecido por la norma NTP E.080. En tracción indirecta, las dosificaciones de 0.75 % y 1.00 % también disminuyeron su resistencia frente al adobe patrón, con valores de 1.56 kg/cm² y 1.65 kg/cm². En el ensayo de flexión, la pérdida fue más evidente, ya que las muestras con 0.50 %, 0.75 % y 1.00 % redujeron su resistencia a 3.21 kg/cm², 3.33 kg/cm² y 2.70 kg/cm², respectivamente. Esta disminución se atribuye al exceso de fibra dentro de la mezcla, lo que dificultó la compactación, generó acumulaciones de material vegetal, vacíos internos, fisuras por contracción durante el secado y una menor continuidad de la matriz arcillosa.

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

I. CONCLUSIONES

- Mediante los ensayos de caracterización física se determinaron las propiedades físicas de la tierra negra, tierra blanca, cangahua y de la mezcla final mediante ensayos de contenido de humedad, granulometría, gravedad específica y límites de Atterberg, tomando como base los criterios de la Norma E.080 y las normas complementarias de laboratorio. La mezcla compuesta por 55% de tierra blanca, 25% de cangahua y 20% de tierra negra presentó 21.29% de humedad natural, gravedad específica de 2.66 g/cm³, 79.71% de arena, 20.29% de finos e índice de plasticidad de 8.01%. Según el sistema SUCS, se clasificó como arena arcillosa de baja plasticidad, condición que permitió el moldeo y la elaboración de los bloques de adobe.
- La incorporación de fibra natural de totora influyó directamente en el comportamiento mecánico del adobe. La dosificación de 0.25 % presentó el mejor desempeño en comparación con el adobe convencional, alcanzando una resistencia promedio a compresión de 26.92 kg/cm², frente a 19.86 kg/cm² del adobe sin fibra. Este incremento demuestra que una baja cantidad de totora mejora la unión interna del bloque y ayuda a distribuir mejor los esfuerzos aplicados.
- En los ensayos de tracción indirecta y flexión también se observó un comportamiento favorable con la adición de 0.25 % de fibra de totora. En tracción indirecta, esta dosificación alcanzó un promedio de 2.39 kg/cm², superior al adobe convencional de 1.81 kg/cm². En flexión, superando al adobe patrón de 1.81 kg/cm² con un incremento del 44.82% la adición de 0.25% de fibra de totora resultó con 4.73 kg/cm². Por tanto, esta dosificación presentó el mejor desempeño mecánico conforme al análisis realizado con base en la Norma E.080.
- En el ensayo de absorción, ninguna dosificación logró permanecer 24 horas en inmersión. El adobe convencional presentó 61.05% de absorción durante 60 minutos, mientras que la dosificación de 0.25% registró 43.96% presentando el mejor comportamiento en el mismo tiempo. Las mezclas con 0.50%, 0.75% y 1.00% alcanzaron 87.66%, 100% y 100%, respectivamente. Por tanto, la fibra de totora no redujo la absorción de agua para valores superiores al 0.50% de fibra y su incremento favoreció la formación de espacios por donde ingresó el agua.

- El aumento de fibra por encima del 0.25 % no generó una mejora continua en las propiedades mecánicas. Las dosificaciones de 0.50 %, 0.75 % y 1.00 % presentaron reducciones importantes en compresión, tracción indirecta y flexión, debido principalmente a la dificultad para distribuir uniformemente la totora dentro de la mezcla. El exceso de fibra produjo vacíos, zonas con menor compactación y fisuras internas, afectando la resistencia final del bloque.
- En el ensayo de absorción se evidenció que las muestras de adobe presentaron alta vulnerabilidad frente al contacto directo con el agua. Ninguna dosificación logró completar las 24 horas de inmersión indicadas por la norma ASTM C67-05, debido a la desintegración de los bloques durante el ensayo. Aunque la fibra de totora mejoró temporalmente la cohesión en algunas muestras, el aumento de material vegetal también incrementó la porosidad y facilitó el ingreso de agua.
- De acuerdo con el análisis comparativo de los resultados, el porcentaje óptimo de fibra natural de totora fue el 0.25 %, aunque el desempeño del adobe no depende únicamente de la cantidad de fibra incorporada. También intervienen la composición del suelo, el contenido de humedad, la longitud y espesor de la totora, la distribución de la fibra, la compactación, la geometría de los bloques y el proceso de secado. Por ello, los resultados obtenidos corresponden específicamente a los materiales y condiciones estudiados.

II. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la dosificación de 0.25 % de fibra natural de totora para futuras investigaciones o aplicaciones experimentales en adobe, debido a que fue el porcentaje que presentó el mejor equilibrio entre resistencia mecánica y comportamiento estructural del bloque.
- Se recomienda estudiar diferentes longitudes y espesores de fibra de totora, debido a que sus dimensiones influyen en la distribución dentro de la mezcla y en el control de las fisuras. Se pueden evaluar longitudes menores y mayores a 5 cm, además de distintos espesores, manteniendo constante la dosificación para determinar qué medida mejora la resistencia a compresión, tracción indirecta y flexión del adobe conforme a la Norma E.080.
- Se recomienda evaluar suelos provenientes de otras provincias del Ecuador y comparar sus resultados con los obtenidos en el cantón Chambo. Cada suelo deberá ser caracterizado mediante contenido de humedad, granulometría, límites de

Atterberg, gravedad específica y clasificación SUCS, tomando como base la Norma E.080 y las normas complementarias. Esto permitirá identificar qué tipo de suelo presenta una mejor unión con la fibra de totora y produce mayores resistencias mecánicas.

- Debido a los altos porcentajes de absorción obtenidos, se recomienda evaluar en futuras investigaciones el uso de estabilizantes naturales o minerales, como cal, cemento en baja proporción o recubrimientos impermeabilizantes, con el fin de mejorar la durabilidad del adobe frente a la humedad.
- Se recomienda no emplear los bloques reforzados con totora en zonas expuestas directamente al agua, lluvia constante o humedad capilar, a menos que se incorporen medidas de protección como sobrecimientos, aleros, revestimientos o barreras impermeables.
- Para complementar los resultados obtenidos, se recomienda realizar ensayos en muretes o paneles de adobe reforzado, con el fin de analizar su comportamiento ante cargas laterales, esfuerzos de corte y condiciones más cercanas a una edificación real.
- Se recomienda ampliar el número de muestras en futuras investigaciones para obtener resultados con mayor respaldo estadístico y reducir la influencia de variaciones propias del proceso artesanal de fabricación del adobe.
- Se recomienda continuar investigando el uso de fibras naturales locales como alternativa sostenible para mejorar materiales de construcción con tierra, considerando no solo la resistencia mecánica, sino también la durabilidad, el costo, el impacto ambiental y la facilidad de aplicación en comunidades rurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. Minke, *Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture*. Basel, Switzerland: Birkhäuser, 2006.
- [2] G. Montúfar, “Cómo la ingeniería civil preserva el patrimonio cultural y fomenta la equidad social en Latinoamérica,” *Repertorio Americano*, no. 36, pp. 1–16, 2026.
- [3] C. Pinto-Almeida et al., “Experimental analysis of ecuadorian adobe reinforced with natural fibers,” *Frontiers in Built Environment*, vol. 11, 2025, doi:10.3389/fbuil.2025.1697128.
- [4] K. H. Soto Toledo y K. Monteros Cueva, “Análisis y determinación de patologías constructivas en edificaciones de tierra de comunidades indígenas de los Andes, Ecuador,” *European Public & Social Innovation Review*, vol. 10, pp. 1–21, 2025, doi:10.31637/epsir-2025-1242.
- [5] J. F. Brito del Pino y N. M. Santamaría Herrera, “Elaboración de adobe sostenible,” *DAYA. Diseño, Arte y Arquitectura*, no. 11, pp. 59–79, 2021.
- [6] A. O. Nuñez Castillo, “Valoración económica ambiental del recurso suelo de la comunidad de Guayllabamba, cantón Chambo, provincia de Chimborazo,” *Trabajo de Integración Curricular, ESPOCH, Riobamba, Ecuador*, 2023.
- [7] C. Neves y O. Borges Faria, *Técnicas de construcción con tierra*. Bauru-SP, Brasil: FEB-UNESP/PROTERRA, 2011.
- [8] A. S. Culcay Chérrez, “Experimentación con la fibra de totora,” *Proyecto de titulación, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador*.
- [9] J. Albuja-Sánchez y A. Damián-Chalán, “Leveraging Life Cycle Cost Analysis (LCCA) for Optimized Decision Making in Adobe Construction Materials,” *Applied Sciences*, vol. 14, no. 5, art. no. 1760, 2024, doi:10.3390/app14051760.
- [10] C. Alania Lino, “Análisis experimental de la resistencia a la compresión del adobe elaborado con tierra proveniente de sedimentos de huayco las Moras - Huánuco - 2024,” *Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de Huánuco, Perú*, 2025.
- [11] M. M. Calisaya Quispe y P. O. Gomez Fernandez, “Propuesta de elaboración de un bloque de adobe incorporando fibras de totora y aglutinante de cal,” *Tesis de Ingeniería Civil, UPC, Lima, Perú*, 2023.

- [12] E. R. Malasquez Aburto y W. Ramirez Lujan, “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del adobe convencional y del adobe con fibras de totora o ichu,” Trabajo de Suficiencia Profesional, UPC, Lima, Perú, 2023.
- [13] M. O. Franco Asencios y L. J. Montoya Diaz, “Evaluación de las propiedades mecánicas del adobe utilizando fibras de totora,” Trabajo de Suficiencia Profesional, UPC, Lima, Perú, 2023.
- [14] D. Ccolla Ccolla, “Influencia de la aplicación de la fibra de totora en las propiedades térmicas y resistencia mecánica del adobe,” Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú, 2025.
- [15] J. Colque Lipa y J. G. Ordoño Quilca, “Evaluación de propiedades físico mecánico en muros de adobe adicionando fibra de cabuya - totora reciclada,” Tesis de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú, 2022.
- [16] G. Laime Ancalle, “Diseño de elaboración del adobe incorporando la fibra de totora para reforzar las propiedades físico y mecánico,” Tesis de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú, 2020.
- [17] F. M. Aldana Montenegro, “Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de unidades de tierra reforzada prensada adicionando fibra de totora y cal,” Tesis de Ingeniería Civil Ambiental, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, 2023.
- [18] S. Medina Cercado, “Resistencia a compresión y flexión de bloques de adobe compactado con adición de vaina de bambú,” Tesis de Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte, Perú, 2022.
- [19] N. Masco Ninameza, “Análisis comparativo de propiedades en muros de adobe reforzado con fibra de alpaca y avena,” Tesis de Ingeniería Civil, Universidad César Vallejo, Perú, 2022.
- [20] K. H. Echevarría Ortega, “Resistencia del mortero a la tracción del adobe con el uso de fibras de hojas secas de piña,” Tesis de Ingeniería Civil, Universidad de Huánuco, Perú, 2024.
- [21] D. O. Ramírez Sánchez, “Aprovechamiento de propiedades térmicas de materiales ancestrales usados en la construcción de edificios en Ecuador,” Trabajo de titulación, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador, 2020.

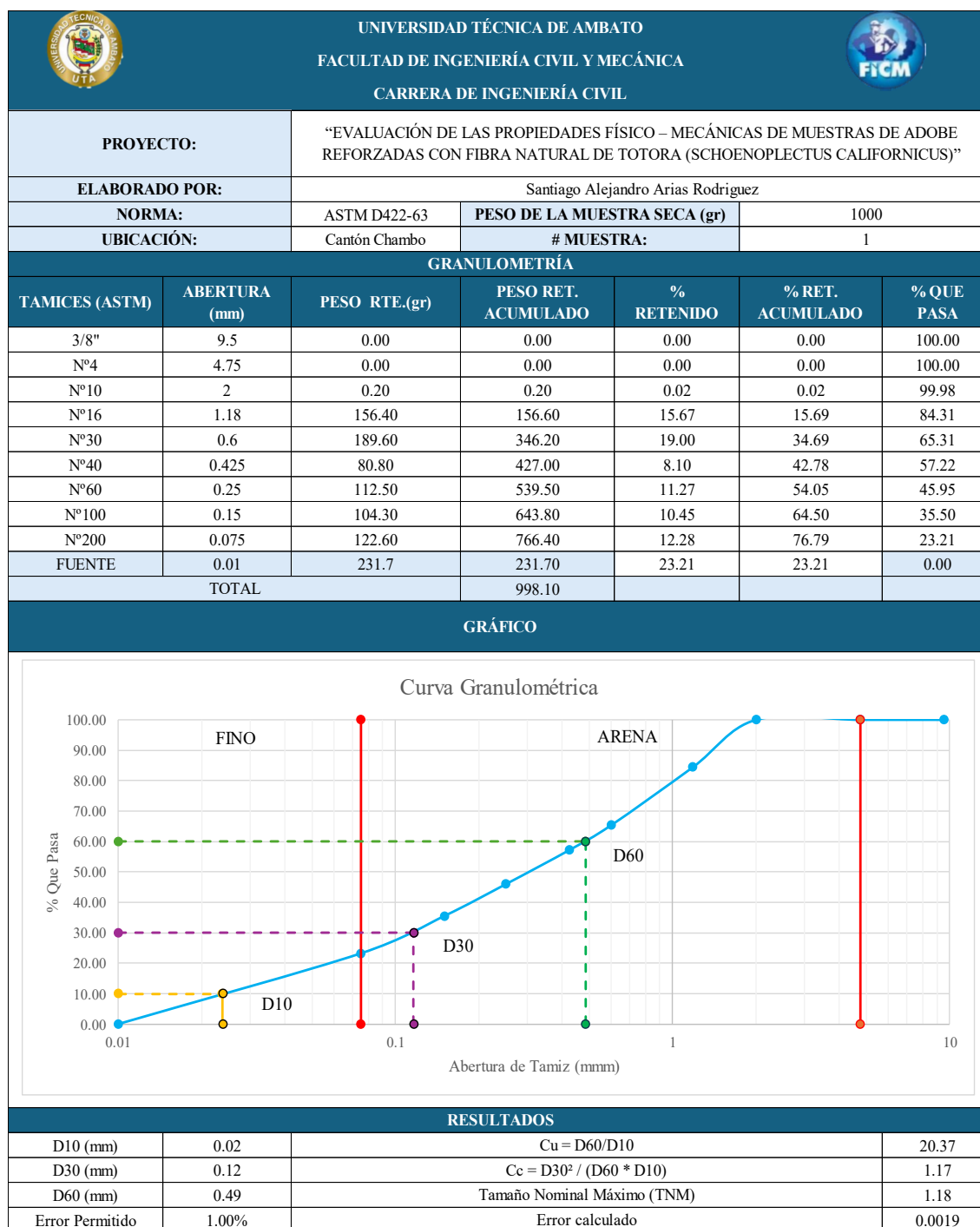
- [22] Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), “Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada,” Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima, Perú, 2020.
- [23] MIDUVI y CAMICON, “NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5 m,” Norma Ecuatoriana de la Construcción, Quito, Ecuador, 2014.
- [24] ASTM International, “ASTM D2216-19: Métodos de prueba estándar para la determinación del contenido de agua del suelo,” ASTM International, 2019.
- [25] Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), “NTE INEN 3049-1: Ladrillos cerámicos,” Quito, Ecuador, 2018.
- [26] W. A. Botía Díaz, “Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo,” Trabajo de grado, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia, 2015.
- [27] ASTM International, “ASTM D422-63: Método de análisis del tamaño de partículas de suelo,” ASTM International, 2007.
- [28] ASTM International, “ASTM D4318-05: Métodos estándar de ensayo para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad,” ASTM International, 2005.
- [29] B. M. Das, Fundamentos de ingeniería geotécnica, 4.a ed. México: Cengage Learning, 2015.
- [30] J. E. Bowles, Propiedades geofísicas de los suelos. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana.
- [31] ASTM International, “ASTM C67-05: Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile,” ASTM International, 2005.
- [32] Instituto Nacional de Calidad del Perú (INDECOPI), “PNTP 399.613:2017 – Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería,” Lima, Perú, 2017.
- [33] M. Blondet, J. Vargas, D. Torrealva y Á. Rubiños, Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludables y seguras. Lima, Perú: PUCP, 2010.
- [34] ASTM International, “ASTM C496-96: Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens,” ASTM International, 1996.

ANEXOS

Anexo 1. Anexo contenido de humedad de la tierra negra

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”		
ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
NORMA:	NTE INEN 690 y ASTM D 2216		
UBICACIÓN:	Chambo	# MUESTRA:	1
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL TIERRA NEGRA			
Nº Calicata	1		
Número de recipiente	M1	M2	
Peso del recipiente (Wr) (gr)	11.70	11.80	
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	88.40	83.20	
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	68.80	62.30	
Peso del agua (Ww) (gr)	19.60	20.90	
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	57.10	50.50	
Contenido de humedad (W%)	34.33	41.39	
Promedio (W%)	37.86%		

Anexo 2. Anexo análisis granulométrico de la tierra negra

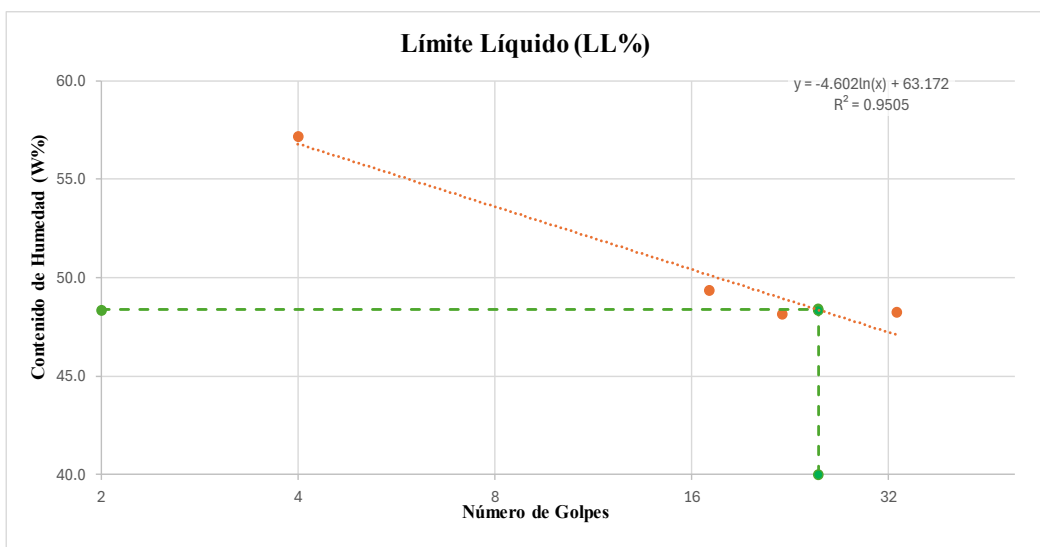


Anexo 3. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO

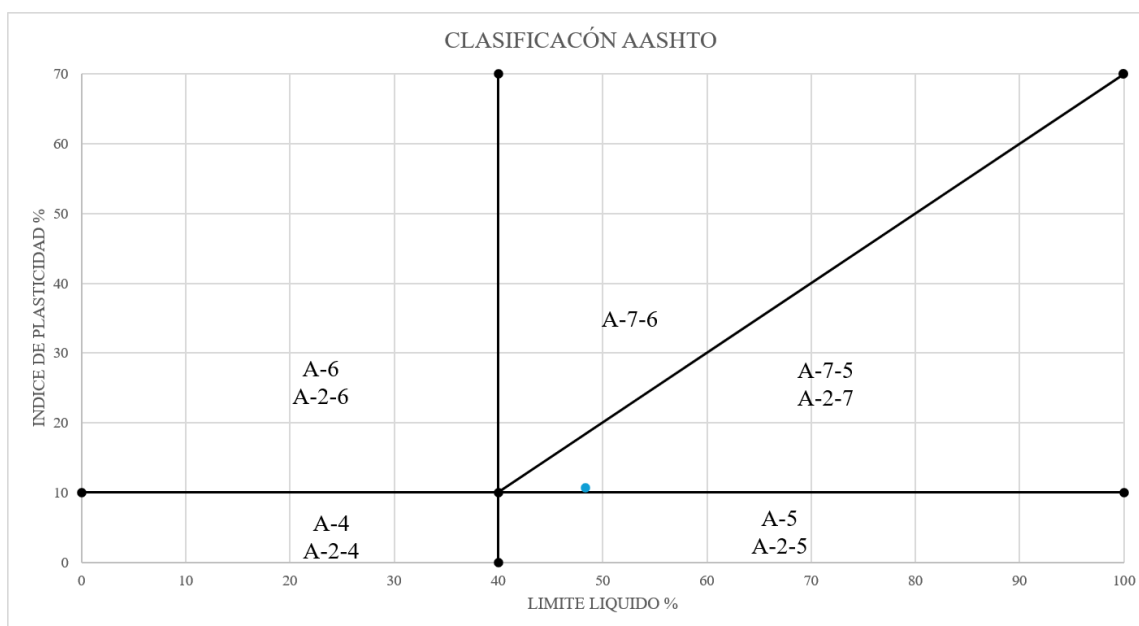
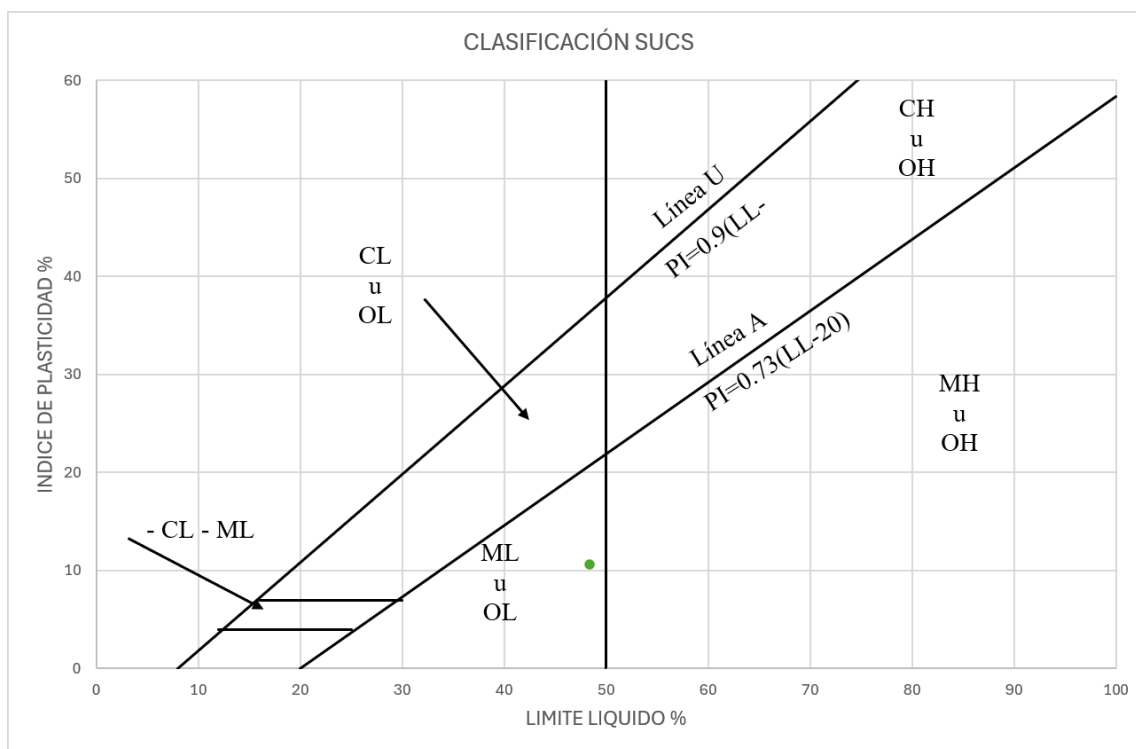
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO										
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-7-5
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx			- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín 41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo			

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."							
DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: $< 3\%$ - $\sim GW, GD, SW, SD$ $> 12\%$ - $\sim GM, GC, SM, SC$	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
						Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.	
			(apreciable cantidad de finos)	SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
	Límite líquido menor de 50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
	Límite líquido mayor de 50		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
	Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

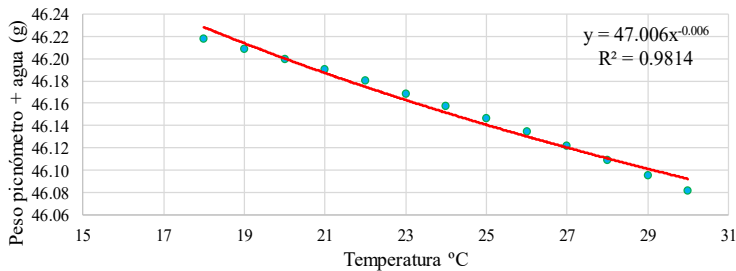
Anexo 4. Anexo límites de Atterberg de la tierra negra

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL			
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”			
ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez			
NORMA:		ASTM D4318-17			
UBICACIÓN:		Chambo	# MUESTRA:	1	
LÍMITE LÍQUIDO					
Intervalo	0 - 10		10 - 20		20 - 30
Número de Golpes	4		17		22
Número de recipiente	1	2	3	4	5
Peso del recipiente (Wr) (gr)	11.50	10.90	11.40	11.40	11.30
Peso de muestra húmeda + recipiente	19.80	18.00	23.00	24.00	19.40
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr)	16.80	15.40	19.20	19.80	16.80
Peso del agua (Ww) (gr)	3.00	2.60	3.80	4.20	2.60
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	5.30	4.50	7.80	8.40	5.50
Contenido de humedad (W%)	56.60	57.78	48.72	50.00	47.27
Promedio (W%)	57.19		49.36		48.15
Límite Líquido (LL%)	48.36				
Límite Líquido (LL%) 					
LÍMITE PLÁSTICO					
Número de muestra	1	2	3	4	5
Número de recipiente	9	10	11	12	13
Peso del recipiente (Wr) (gr)	10.70	6.20	6.20	7.60	6.30
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	11.40	7.40	7.50	8.40	7.40
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	11.20	7.10	7.10	8.20	7.10
Peso del agua (Ww) (gr)	0.20	0.30	0.40	0.20	0.30
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	0.50	0.90	0.90	0.60	0.80
Contenido de humedad (W%)	40.00	33.33	44.44	33.33	37.50
Promedio (W%)	37.72				
RESULTADOS					
LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)		ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)		
48.36	37.72		10.64		

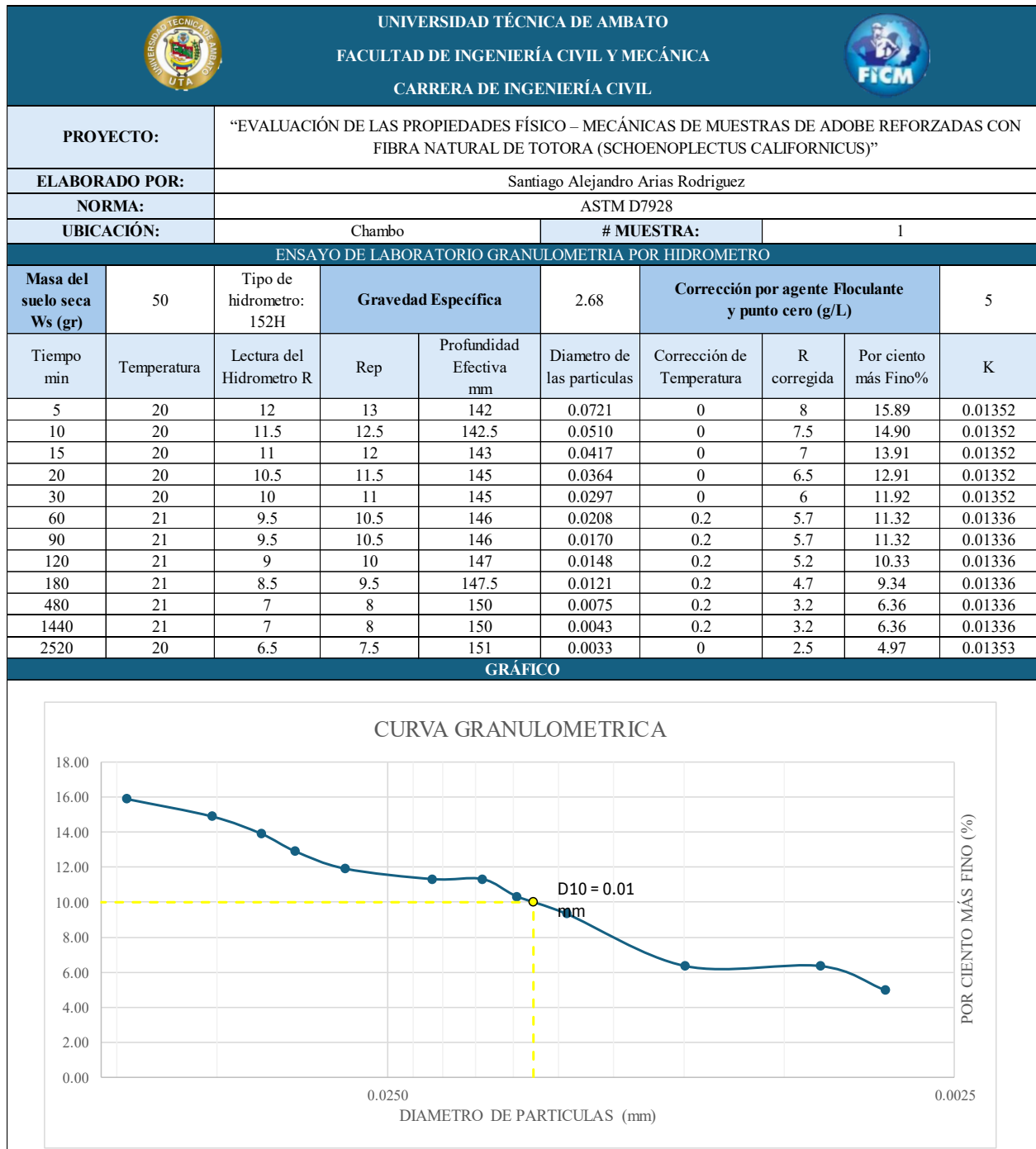
Anexo 5. Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO



Anexo 6, Anexo gravedad Específica de la tierra negra

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 																																				
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)"																																			
ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez																																			
NORMA:	ASTM D854																																			
UBICACIÓN:	Chambo	# MUESTRA:	1																																	
ENSAYO DE LABORATORIO GRAVEDAD ESPECÍFICA																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Identificación del recipiente</th> <th colspan="2" style="text-align: center;">A66</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Temperatura</td> <td style="text-align: center;">21.00</td> <td style="text-align: center;">°C</td> </tr> <tr> <td>Picnometro + Agua (Wbw)</td> <td style="text-align: center;">661.15</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo + recipiente</td> <td style="text-align: center;">188.50</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del recipiente</td> <td style="text-align: center;">142.30</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco (Ws)</td> <td style="text-align: center;">46.20</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Ws+ Wbw</td> <td style="text-align: center;">707.35</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Picnometro + Agua + Suelo (Wbws)</td> <td style="text-align: center;">690.10</td> <td style="text-align: center;">g</td> </tr> <tr> <td>Desplazamiento del agua (Ws+Wbw-Wbws)</td> <td style="text-align: center;">17.25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Factor de corrección por temperatura (K)</td> <td style="text-align: center;">0.99979</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravedad específica (Gs)</td> <td style="text-align: center;">2.678</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Identificación del recipiente	A66		Temperatura	21.00	°C	Picnometro + Agua (Wbw)	661.15	g	Peso del suelo + recipiente	188.50	g	Peso del recipiente	142.30	g	Peso del suelo seco (Ws)	46.20	g	Ws+ Wbw	707.35	g	Picnometro + Agua + Suelo (Wbws)	690.10	g	Desplazamiento del agua (Ws+Wbw-Wbws)	17.25		Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979		Gravedad específica (Gs)	2.678	
Identificación del recipiente	A66																																			
Temperatura	21.00	°C																																		
Picnometro + Agua (Wbw)	661.15	g																																		
Peso del suelo + recipiente	188.50	g																																		
Peso del recipiente	142.30	g																																		
Peso del suelo seco (Ws)	46.20	g																																		
Ws+ Wbw	707.35	g																																		
Picnometro + Agua + Suelo (Wbws)	690.10	g																																		
Desplazamiento del agua (Ws+Wbw-Wbws)	17.25																																			
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979																																			
Gravedad específica (Gs)	2.678																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Calibración del Picnómetro</th> </tr> <tr> <th style="width: 40%;">Temperatura °C</th> <th>Masa (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>18</td><td>46.22</td></tr> <tr><td>19</td><td>46.21</td></tr> <tr><td>20</td><td>46.20</td></tr> <tr><td>21</td><td>46.19</td></tr> <tr><td>22</td><td>46.18</td></tr> <tr><td>23</td><td>46.17</td></tr> <tr><td>24</td><td>46.16</td></tr> <tr><td>25</td><td>46.15</td></tr> <tr><td>26</td><td>46.13</td></tr> <tr><td>27</td><td>46.12</td></tr> <tr><td>28</td><td>46.11</td></tr> <tr><td>29</td><td>46.10</td></tr> <tr><td>30</td><td>46.08</td></tr> </tbody> </table>				Calibración del Picnómetro		Temperatura °C	Masa (g)	18	46.22	19	46.21	20	46.20	21	46.19	22	46.18	23	46.17	24	46.16	25	46.15	26	46.13	27	46.12	28	46.11	29	46.10	30	46.08			
Calibración del Picnómetro																																				
Temperatura °C	Masa (g)																																			
18	46.22																																			
19	46.21																																			
20	46.20																																			
21	46.19																																			
22	46.18																																			
23	46.17																																			
24	46.16																																			
25	46.15																																			
26	46.13																																			
27	46.12																																			
28	46.11																																			
29	46.10																																			
30	46.08																																			
CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO 																																				

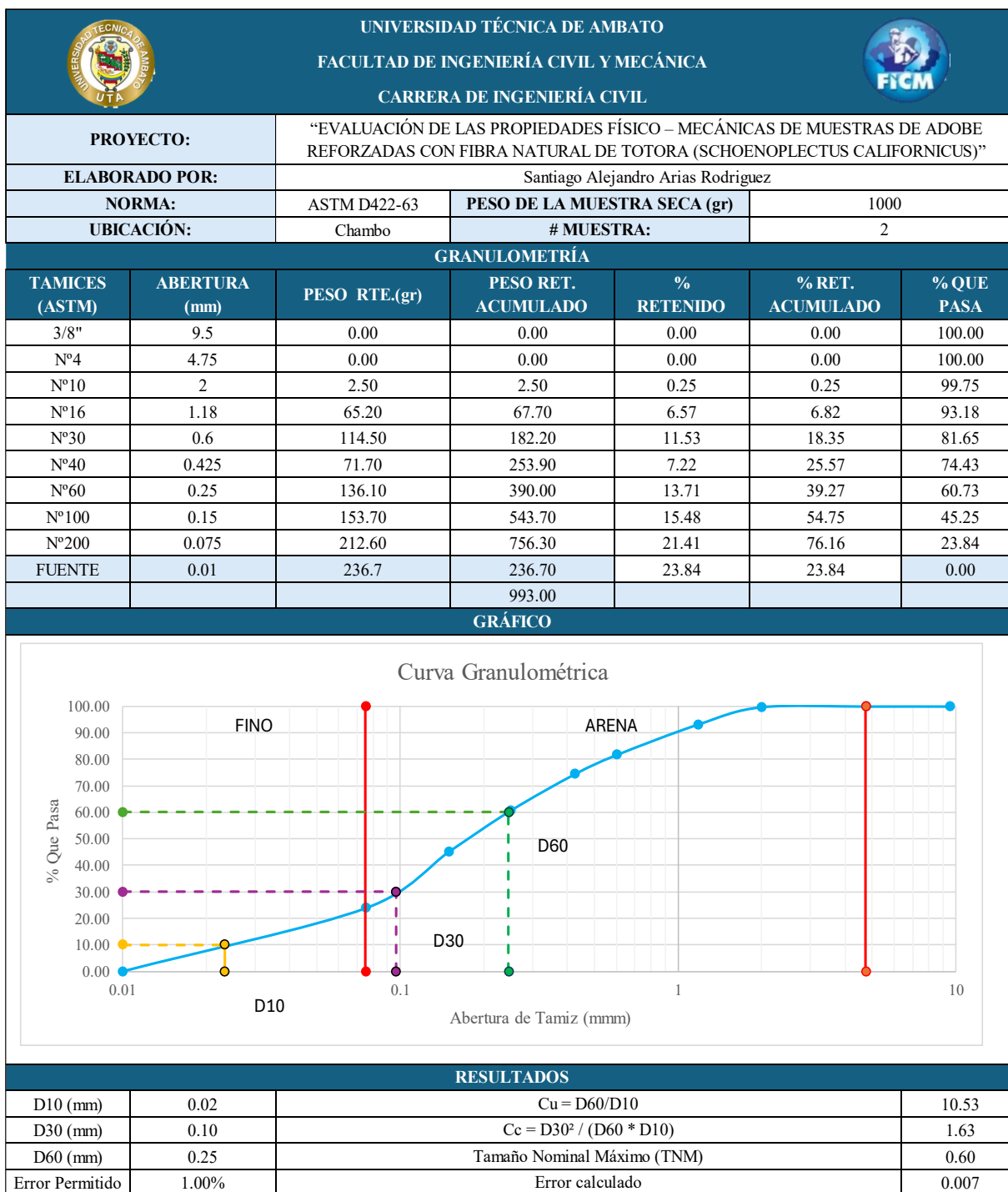
Anexo 7. Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra negra



Anexo 8. Anexo contenido de Humedad de la tierra blanca

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”		
ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
NORMA:	NTE INEN 690 y ASTM D 2216		
UBICACIÓN:	Chambo	# MUESTRA:	2
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL TIERRA NEGRA			
Nº Calicata	2		
Número de recipiente	M3	M4	
Peso del recipiente (Wr) (gr)	11.90	12.90	
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	108.50	100.80	
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	96.60	89.30	
Peso del agua (Ww) (gr)	11.90	11.50	
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	84.70	76.40	
Contenido de humedad (W%)	14.05	15.05	
Promedio (W%)	14.55%		

Anexo 9, Anexo análisis granulométrico de la tierra blanca

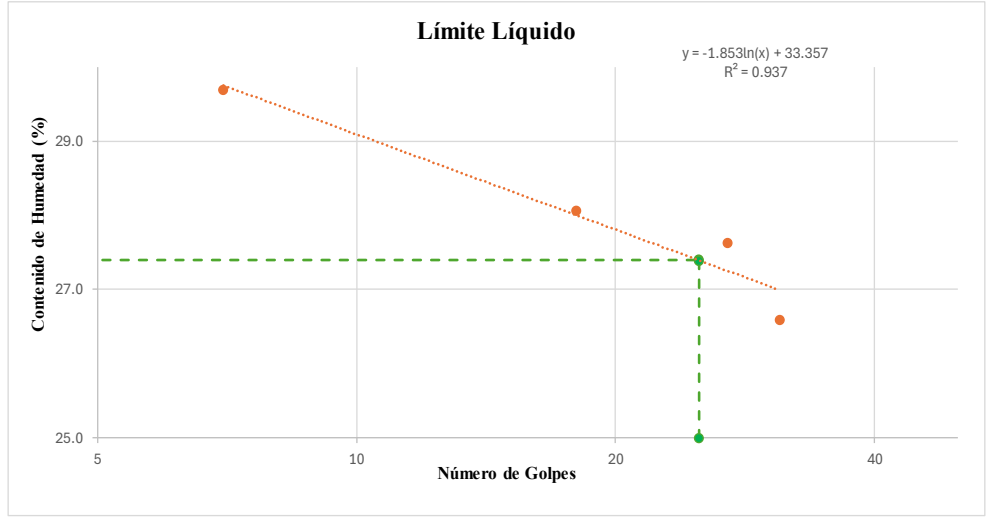


Anexo 10. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO

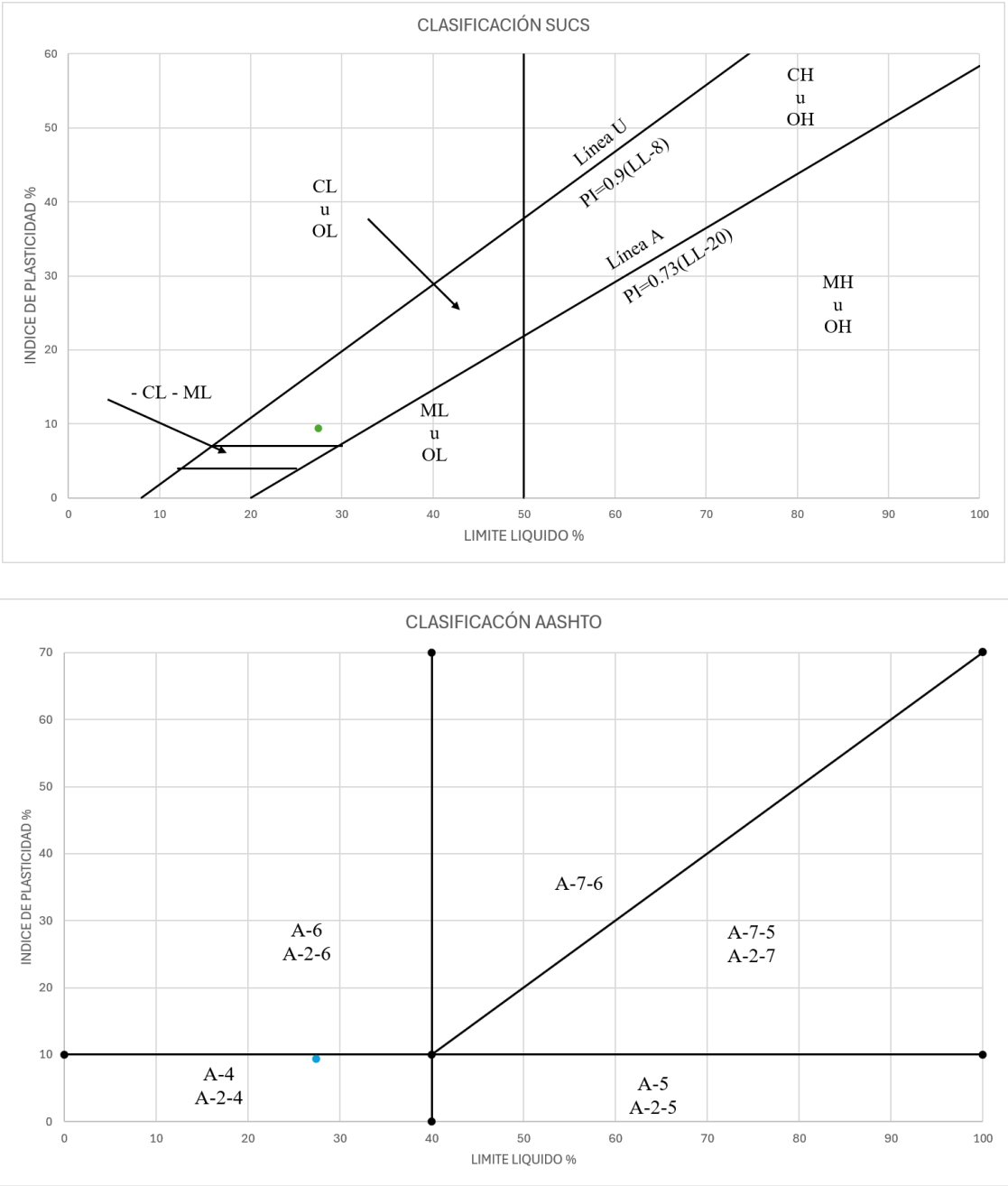
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO											
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
Grupo:	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx	- - 35 máx	- - 35 máx	- - 35 máx	- - 36 mín	- - 36 mín	- - 36 mín	- - 36 mín
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx	- 6 máx	- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."								
DIVISIONES PRINCIPALES			Simbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO			
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu=D_{60}/D_{10}>4$ $Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3		
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.		
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP<4$.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.	
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP>7$.		
Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			$Cu=D_{60}/D_{10}>6$ $Cc=(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.			Quando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.			Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP<4$.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
		(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP>7$.	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.				
	Límite líquido menor de 50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.				
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.				
	Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
	Límite líquido mayor de 50		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.				
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.				
Suelos muy orgánicos			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.				

Anexo 11, Anexo límites de Atterberg de la tierra blanca

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”						
ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez						
NORMA:		ASTM D4318-17						
UBICACIÓN:		Chambo	# MUESTRA:	2				
LÍMITE LÍQUIDO								
Intervalo	0 - 10		10 - 20		20 - 30	30 - 40		
Número de Golpes	7		18		27	31		
Número de recipiente	M3X	M4X	M1X	M2X	M5X	M6X	M7X	M8X
Peso del recipiente (Wr) (gr)	12.00	13.10	11.80	11.90	12.30	11.50	12.40	12.40
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	24.80	27.80	24.00	24.80	20.10	20.80	23.60	22.60
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	21.90	24.40	21.30	22.00	18.40	18.80	21.20	20.50
Peso del agua (Ww) (gr)	2.90	3.40	2.70	2.80	1.70	2.00	2.40	2.10
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	9.90	11.30	9.50	10.10	6.10	7.30	8.80	8.10
Contenido de humedad (W%)	29.29	30.09	28.42	27.72	27.87	27.40	27.27	25.93
Promedio (W%)	29.69		28.07		27.64		26.60	
Límite Líquido (LL%)	27.39							
Límite Líquido  $y = -1.853\ln(x) + 33.357$ $R^2 = 0.937$								
LÍMITE PLÁSTICO								
Número de muestra	1	2	3	4	5			
Número de recipiente	2	18	20	24	26			
Peso del recipiente (Wr) (gr)	10.80	6.20	7.50	7.60	6.10			
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	11.70	8.00	8.50	9.40	7.00			
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	11.60	7.70	8.30	9.10	6.90			
Peso del agua (Ww) (gr)	0.10	0.30	0.20	0.30	0.10			
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	0.80	1.50	0.80	1.50	0.80			
Contenido de humedad (W%)	12.50	20.00	25.00	20.00	12.50			
Promedio (W%)	18.00							
RESULTADOS								
LÍMITE LÍQUIDO (%)	27.39		LÍMITE PLÁSTICO (%)		ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)			
	27.39		18.00		9.39			

Anexo 12. Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO



Anexo 13. Anexo gravedad Especifica de la tierra blanca

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

FICM

PROYECTO:

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”

ELABORADO POR:

Santiago Alejandro Arias Rodriguez

NORMA:

ASTM D854

UBICACIÓN:

Chambo

MUESTRA:

2

ENSAYO DE LABORATORIO GRAVEDAD ESPECÍFICA

Identificación del recipiente	A35	
Temperatura	20.00	°C
Picnometro + Agua (Wbw)	693.20	g
Peso del suelo + recipiente	128.10	g
Peso del recipiente	80.07	g
Peso del suelo seco (Ws)	48.03	g
Ws+ Wbw	741.23	g
Picnometro + Agua + Suelo (Wbws)	723.00	g
Desplazamiento del agua (Ws+Wbw-Wbws)	18.23	
Factor de corrección por temperatura (K)	1.00000	
Gravedad específica (Gs)	2.635	

Calibración del Picnómetro	
Temperatura ° C	Masa (g)
18	48.05
19	48.04
20	48.03
21	48.02
22	48.01
23	48.00
24	47.99
25	47.97
26	47.96
27	47.95
28	47.94
29	47.92
30	47.91

CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO

Peso picnómetro + agua (g)

Temperatura °C

48.08

48.06

48.04

48.02

48.00

47.98

47.96

47.94

47.92

47.90

47.88

15

17

19

21

23

25

27

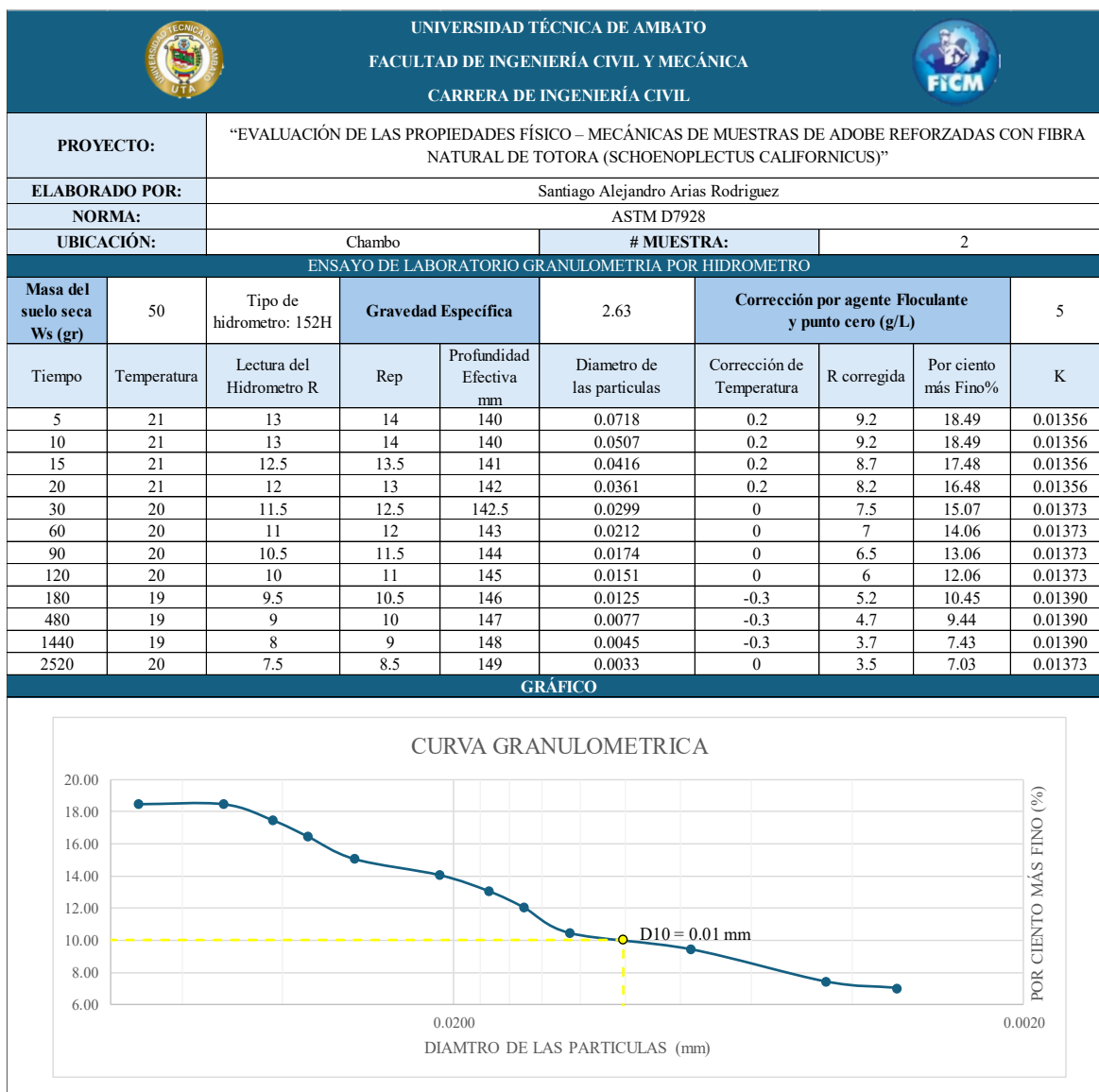
29

31

$y = 48.868x^{-0.006}$

$R^2 = 0.9814$

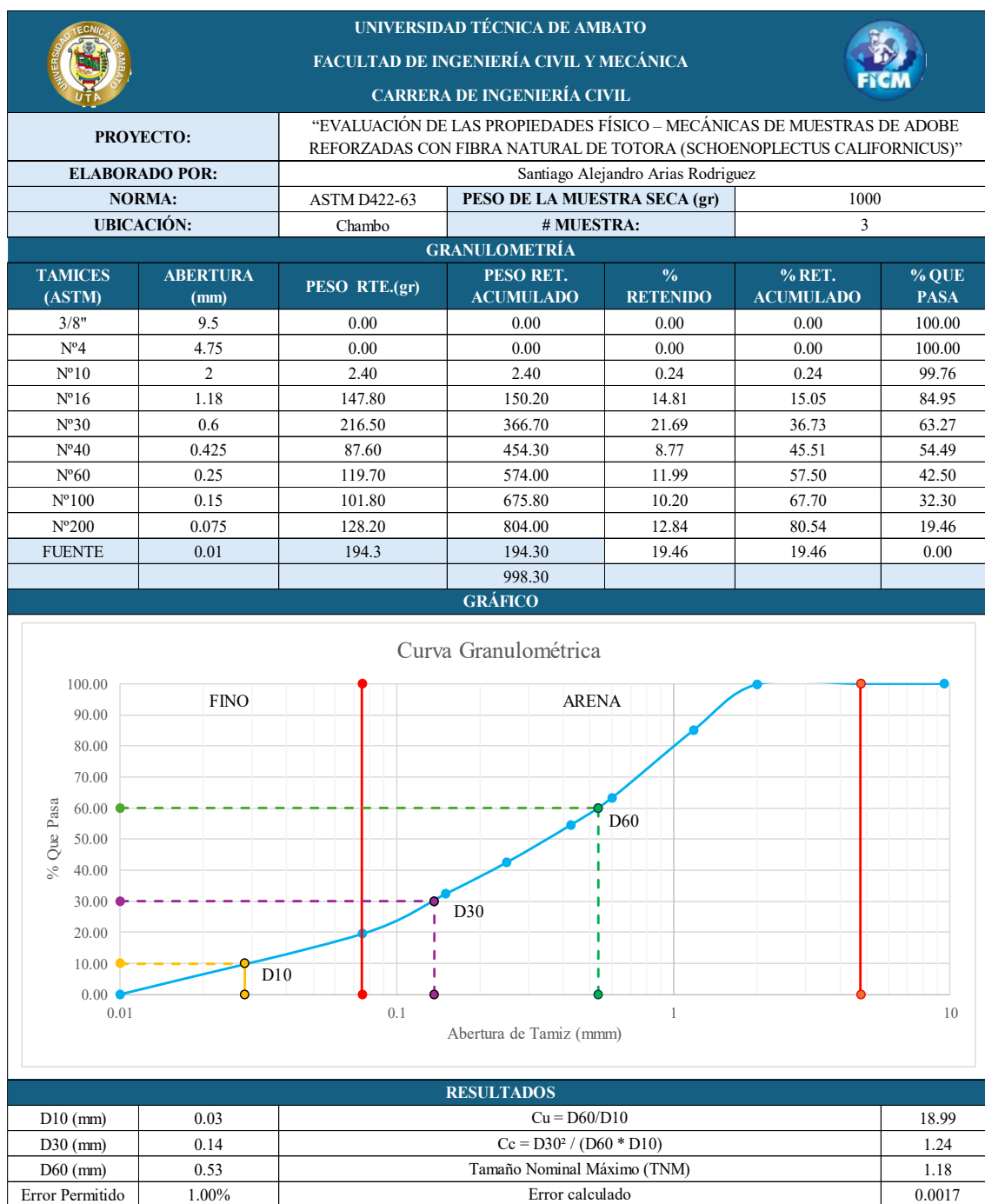
Anexo 14, Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra blanca



Anexo 15, Anexo contenido de Humedad de la tierra cangahua

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”		
ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
NORMA:	NTE INEN 690 y ASTM D 2216		
UBICACIÓN:	Chambo	# MUESTRA:	3
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL TIERRA NEGRA			
Nº Calicata	3		
Número de recipiente	M5	M6	
Peso del recipiente (Wr) (gr)	12.10	11.20	
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	118.50	122.00	
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	106.20	109.00	
Peso del agua (Ww) (gr)	12.30	13.00	
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	94.10	97.80	
Contenido de humedad (W%)	13.07	13.29	
Promedio (W%)	13.18%		

Anexo 16, Anexo análisis granulométrico de la tierra cangahua

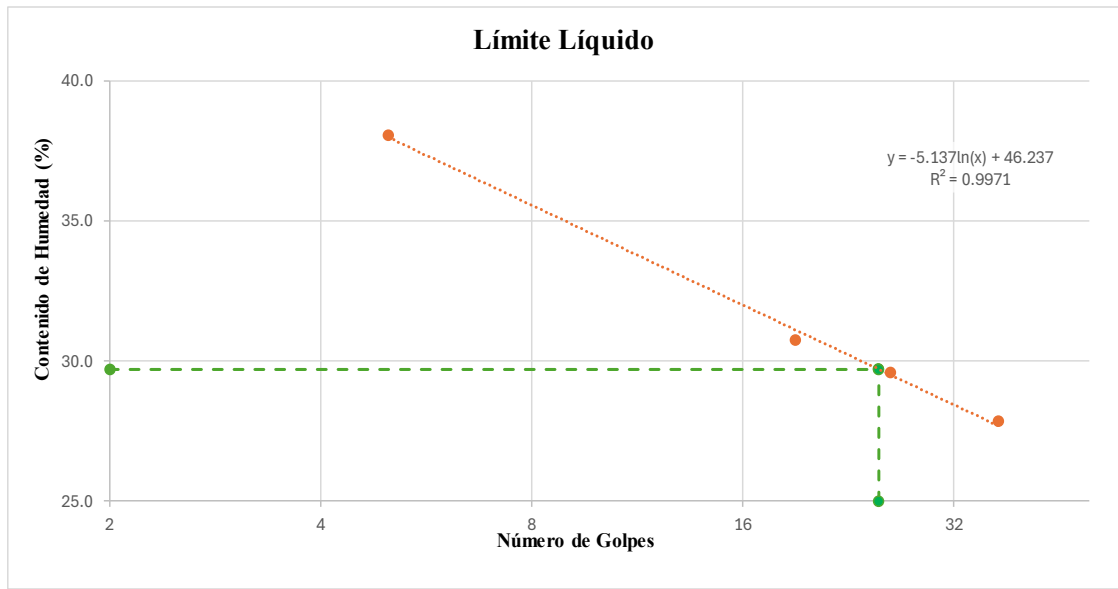


Anexo 17. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO

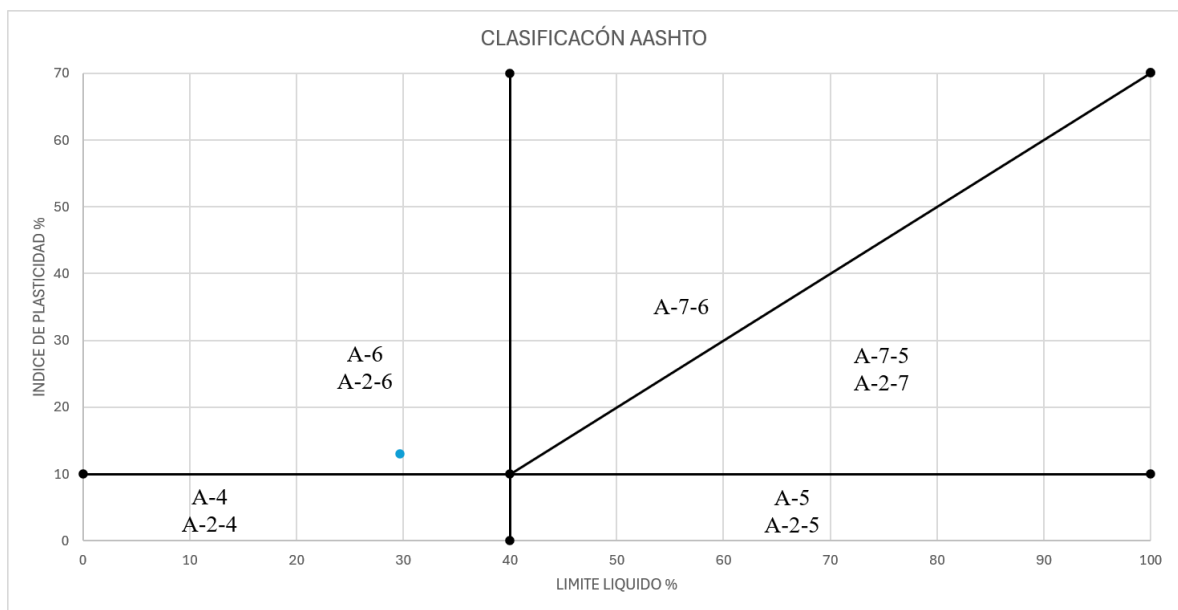
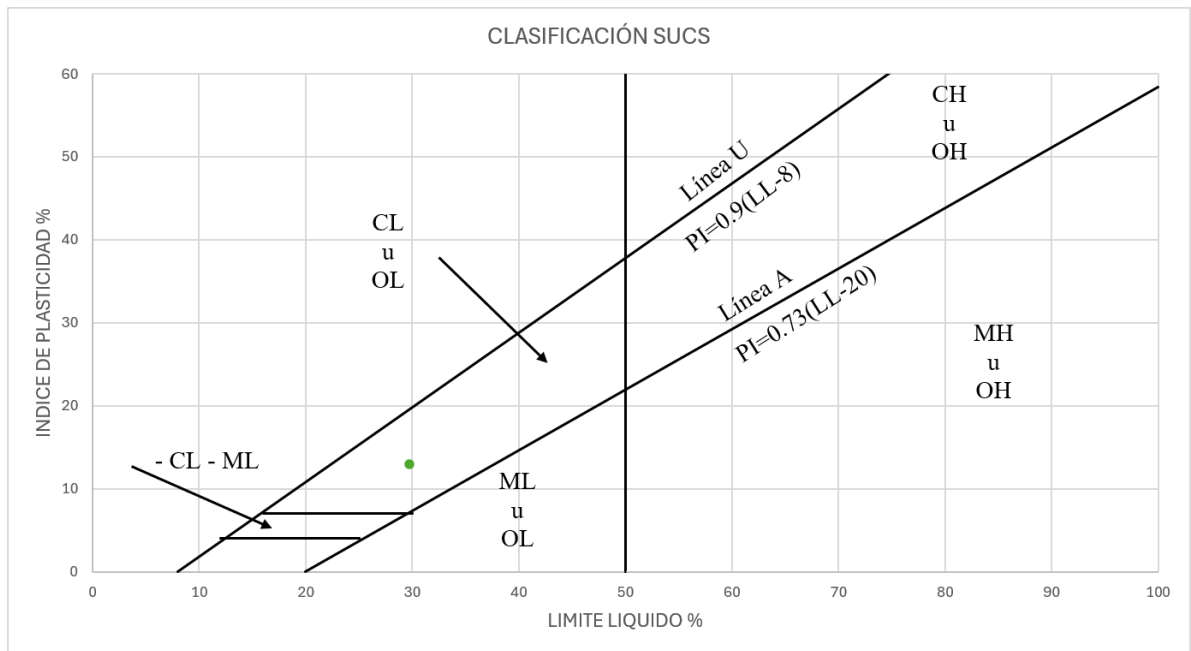
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO											
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
Grupo:	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx			- - 35 máx			- - 36 mín		
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Limite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena			Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."							
DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: < 5% - GW, GP, SW, SP > 12% - GM, GC, SM, SC	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >4 Cc=(D30) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con IP>7.	
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.	Cu=D ₆₀ /D ₁₀ >6 Cc=(D30) ² /D ₁₀ x D ₆₀ entre 1 y 3	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP<4.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
			(apreciable cantidad de finos)	SC		Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
	Límite líquido menor de 50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas:	MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.				
		Limite líquido mayor de 50	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
	Suelos muy orgánicos		PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

Anexo 18, Anexo límites de Atterberg de la tierra cangahua

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”						
ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez						
NORMA:		ASTM D4318-17						
UBICACIÓN:		Chambo		# MUESTRA:			3	
LÍMITE LÍQUIDO								
Intervalo	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
Número de Golpes	5		19		26		37	
Número de recipiente	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8
Peso del recipiente (Wr) (gr)	7.60	7.60	7.50	7.60	7.60	7.50	7.60	7.40
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	16.70	18.80	15.20	16.90	15.40	16.80	16.30	16.60
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	14.20	15.70	13.40	14.70	13.60	14.70	14.40	14.60
Peso del agua (Ww) (gr)	2.50	3.10	1.80	2.20	1.80	2.10	1.90	2.00
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	6.60	8.10	5.90	7.10	6.00	7.20	6.80	7.20
Contenido de humedad (W%)	37.88	38.27	30.51	30.99	30.00	29.17	27.94	27.78
Promedio (W%)	38.08		30.75		29.59		27.86	
Límite Líquido (LL%)					29.70			
Límite Líquido 								
LÍMITE PLÁSTICO								
Número de muestra	1	2	3	4	5			
Número de recipiente	14	9.9	10.0	11.1	12.2			
Peso del recipiente (Wr) (gr)	7.60	6.30	6.10	6.10	6.10			
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	8.20	6.90	6.80	7.00	6.90			
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	8.10	6.80	6.70	6.90	6.80			
Peso del agua (Ww) (gr)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10			
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	0.50	0.50	0.60	0.80	0.70			
Contenido de humedad (W%)	20.00	20.00	16.67	12.50	14.29			
Promedio (W%)					16.69			
RESULTADOS								
LÍMITE LÍQUIDO (%)		LÍMITE PLÁSTICO (%)			ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)			
29.70		16.69			13.01			

Anexo 19, Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO

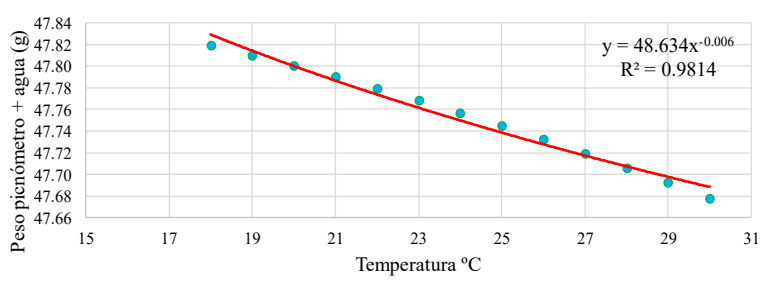


Anexo 20, Anexo gravedad Especifica de la tierra cangahua

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 		
PROYECTO:	"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)"	
ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodríguez	
NORMA:	ASTM D854	
UBICACIÓN:	Chambo	# MUESTRA: 3
ENSAYO DE LABORATORIO GRAVEDAD ESPECÍFICA		
Identificación del recipiente	60	
Temperatura	21.00	°C
Picnometro + Agua (Wbw)	696.80	g
Peso del suelo + recipiente	193.30	g
Peso del recipiente	145.50	g
Peso del suelo seco (Ws)	47.80	g
Ws+ Wbw	744.60	g
Picnometro + Agua + Suelo (Wbws)	726.30	g
Desplazamiento del agua (Ws+Wbw-Wbws)	18.30	
Factor de corrección por temperatura (K)	0.99979	
Gravedad específica (Gs)	2.611	

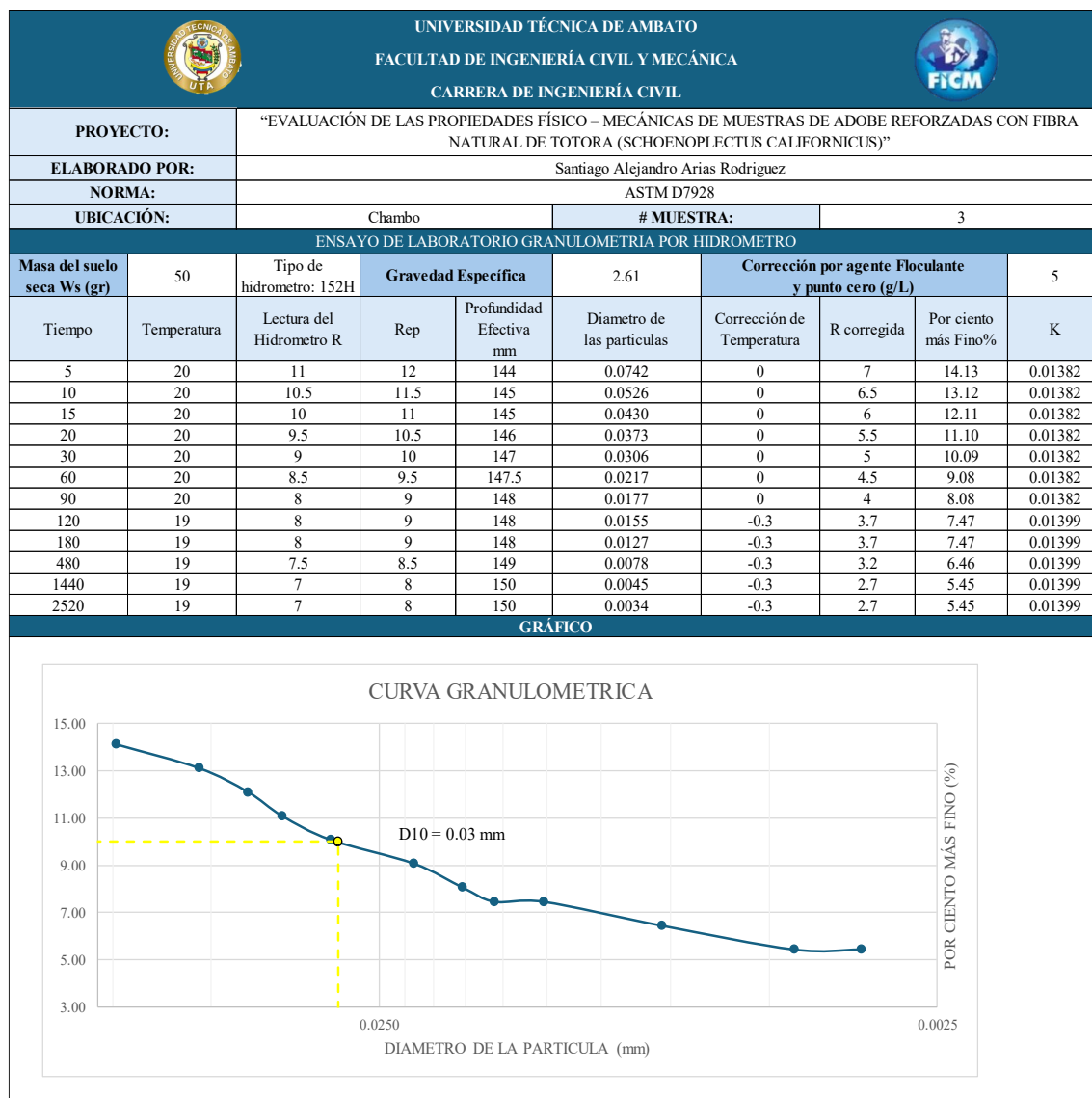
Temperatura °C	Masa (g)
18	47.82
19	47.81
20	47.80
21	47.79
22	47.78
23	47.77
24	47.76
25	47.74
26	47.73
27	47.72
28	47.71
29	47.69
30	47.68

CURVA DE CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO



$y = 48.634x - 0.006$
 $R^2 = 0.9814$

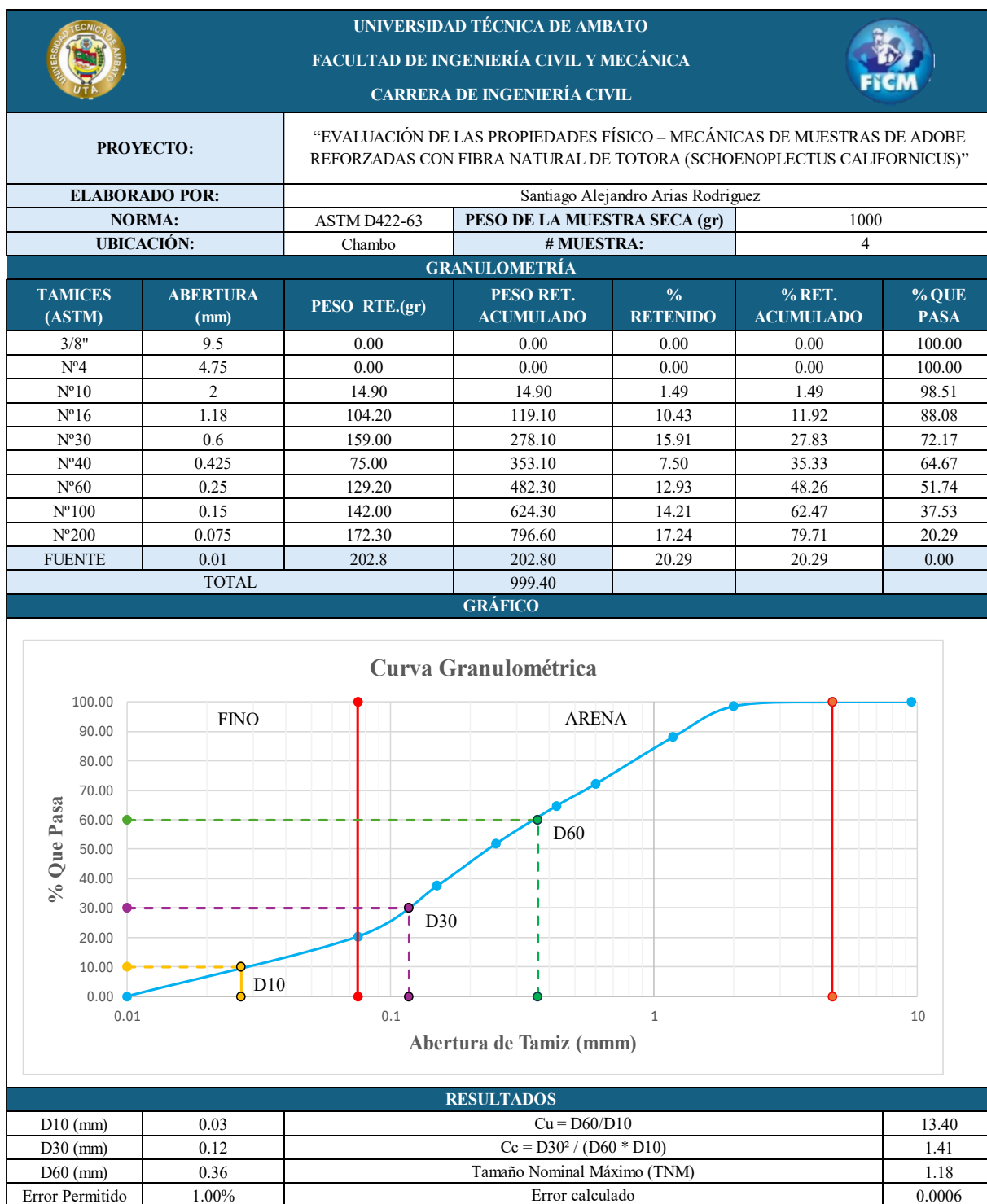
Anexo 21. Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra cangahua



Anexo 22. Anexo contenido de Humedad de la tierra mezcla

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 			
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”		
ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
NORMA:	NTE INEN 690 y ASTM D 2216		
UBICACIÓN:	Chambo	# MUESTRA:	4
CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL TIERRA NEGRA			
Nº Calicata	4		
Número de recipiente	M7	M8	
Peso del recipiente (Wr) (gr)	12.30	12.30	
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	88.50	88.20	
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	75.20	74.80	
Peso del agua (Ww) (gr)	13.30	13.40	
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	62.90	62.50	
Contenido de humedad (W%)	21.14	21.44	
Promedio (W%)	21.29%		

Anexo 23. Anexo análisis granulométrico de la tierra mezcla

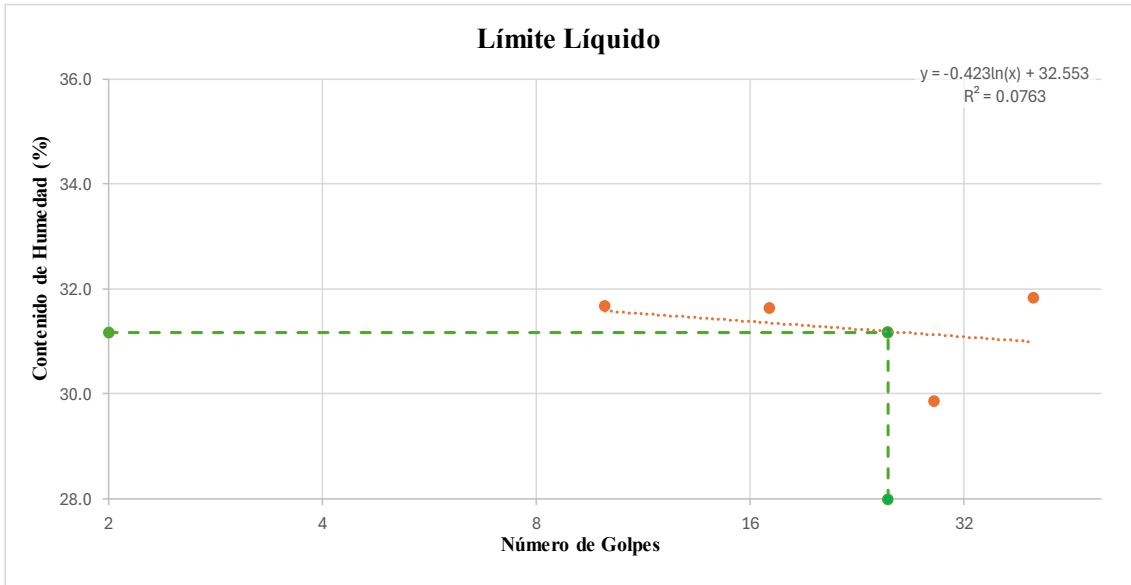


Anexo 24. Anexo clasificación del Suelo mediante SUCS y AASHTO

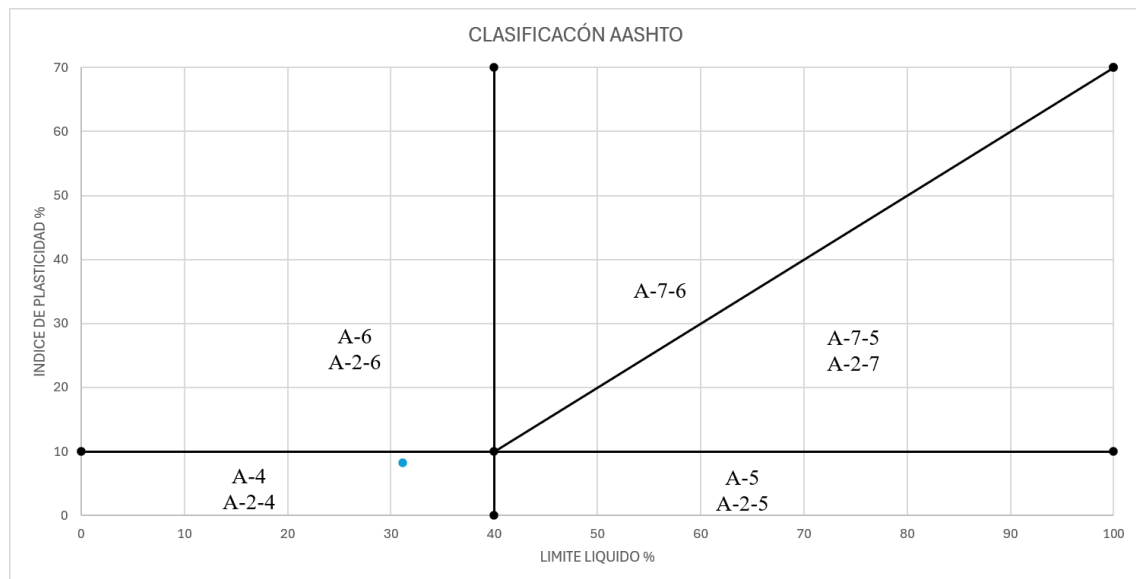
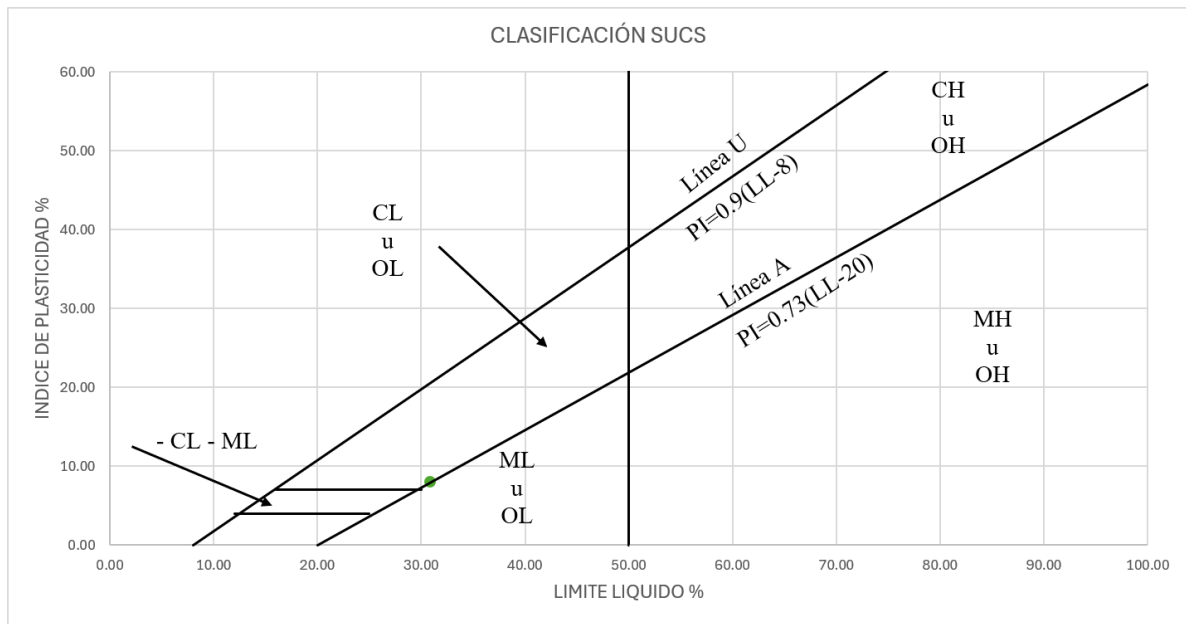
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO											
Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2-4	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b			A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: N° 10 (2mm) N° 40 (0,425mm) N° 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx		- - 35 máx			- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado				Excelente a bueno				Pobre a malo			

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "U.S.C.S."							
DIVISIONES PRINCIPALES			Simbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO		
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue:	$Cu=D_{60}/D_{10}>4$ $Cc=(D_{30})^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP<4$.	Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.			
Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$Cu=D_{60}/D_{10}>6$ $Cc=(D_{30})^2/D_{10}xD_{60}$ entre 1 y 3	
		(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.	
		(apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP<4$.	Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.			
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.			
	Límite líquido menor de 50		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.			
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.			
	Limos y arcillas:		MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
	Límite líquido mayor de 50		CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.			
			OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.			
Suelos muy orgánicos			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.			

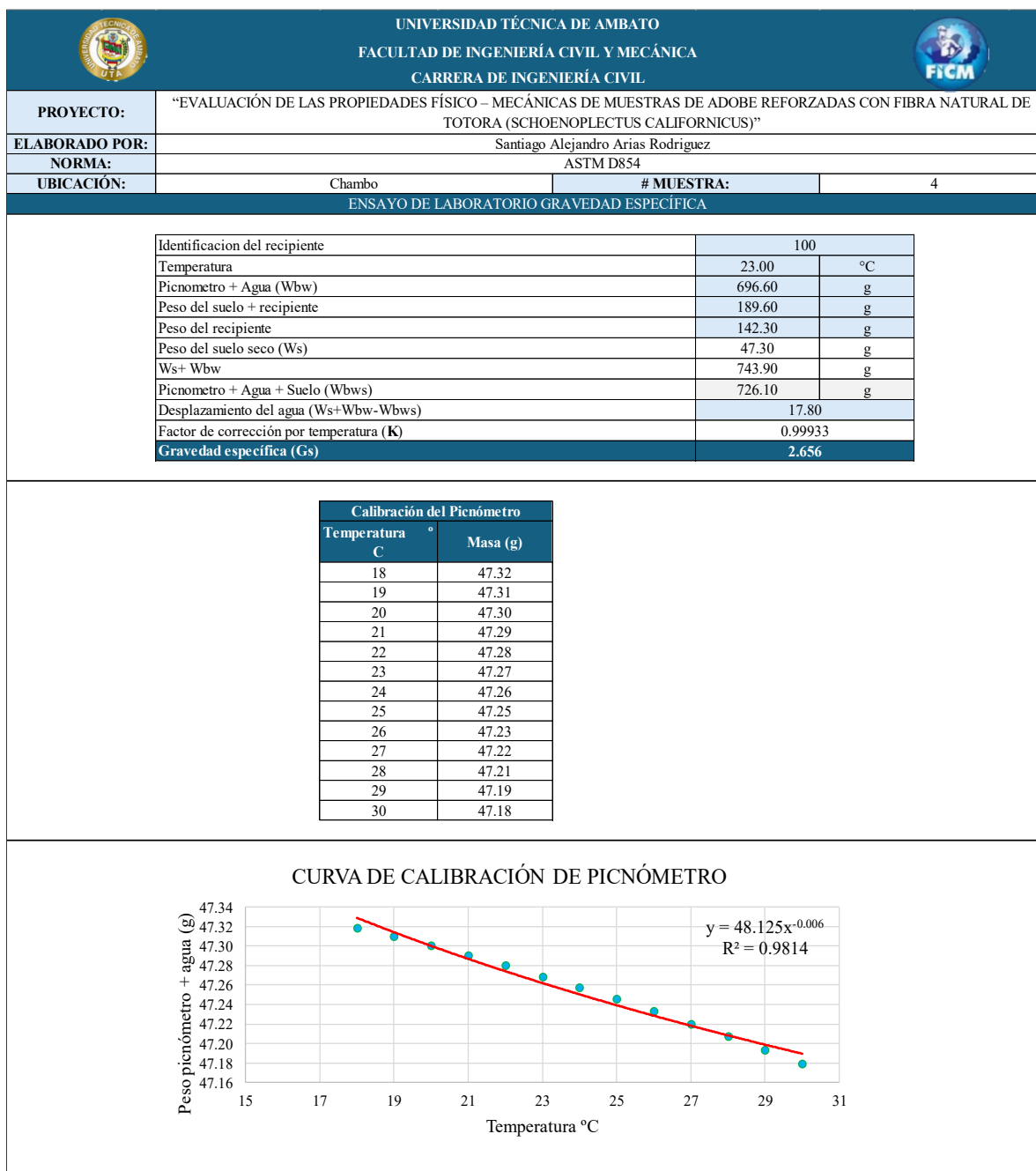
Anexo 25. Anexo límites de Atterberg de la tierra mezcla

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
PROYECTO:			“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”					
ELABORADO POR:			Santiago Alejandro Arias Rodriguez					
NORMA:			ASTM D4318-17					
UBICACIÓN:			Chambo		# MUESTRA:		4	
LÍMITE LÍQUIDO								
Intervalo	0 - 10		10 - 20		20 - 30		30 - 40	
Número de Golpes	10		17		29		40	
Número de recipiente	1.1	2.2	3.3	4.4	5.5	6.6	7.7	8.8
Peso del recipiente (Wr) (gr)	7.60	7.60	7.50	7.60	7.60	7.60	7.60	7.40
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	17.20	16.70	19.20	19.20	15.30	15.60	16.10	18.30
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	14.90	14.50	16.40	16.40	13.40	13.90	14.10	15.60
Peso del agua (Ww) (gr)	2.30	2.20	2.80	2.80	1.90	1.70	2.00	2.70
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	7.30	6.90	8.90	8.80	5.80	6.30	6.50	8.20
Contenido de humedad (W%)	31.51	31.88	31.46	31.82	32.76	26.98	30.77	32.93
Promedio (W%)	31.70		31.64		29.87		31.85	
Límite Líquido (LL%)	31.17							
Límite Líquido 								
LÍMITE PLÁSTICO								
Número de muestra	1		2		3		4	
Número de recipiente	14		9.9		10.0		11.1	
Peso del recipiente (Wr) (gr)	7.50		6.30		6.10		6.10	
Peso de muestra húmeda + recipiente (Wm+Wr) (gr)	8.70		7.30		7.30		7.50	
Peso de muestra seca + recipiente (Ws+Wr) (gr)	8.50		7.10		7.10		7.20	
Peso del agua (Ww) (gr)	0.20		0.20		0.20		0.30	
Peso de la muestra seca (Ws) (gr)	1.00		0.80		1.00		1.10	
Contenido de humedad (W%)	20.00		25.00		20.00		27.27	
Promedio (W%)					22.90			
RESULTADOS								
LÍMITE LÍQUIDO (%)			LÍMITE PLÁSTICO (%)			ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)		
31.17			22.90			8.27		

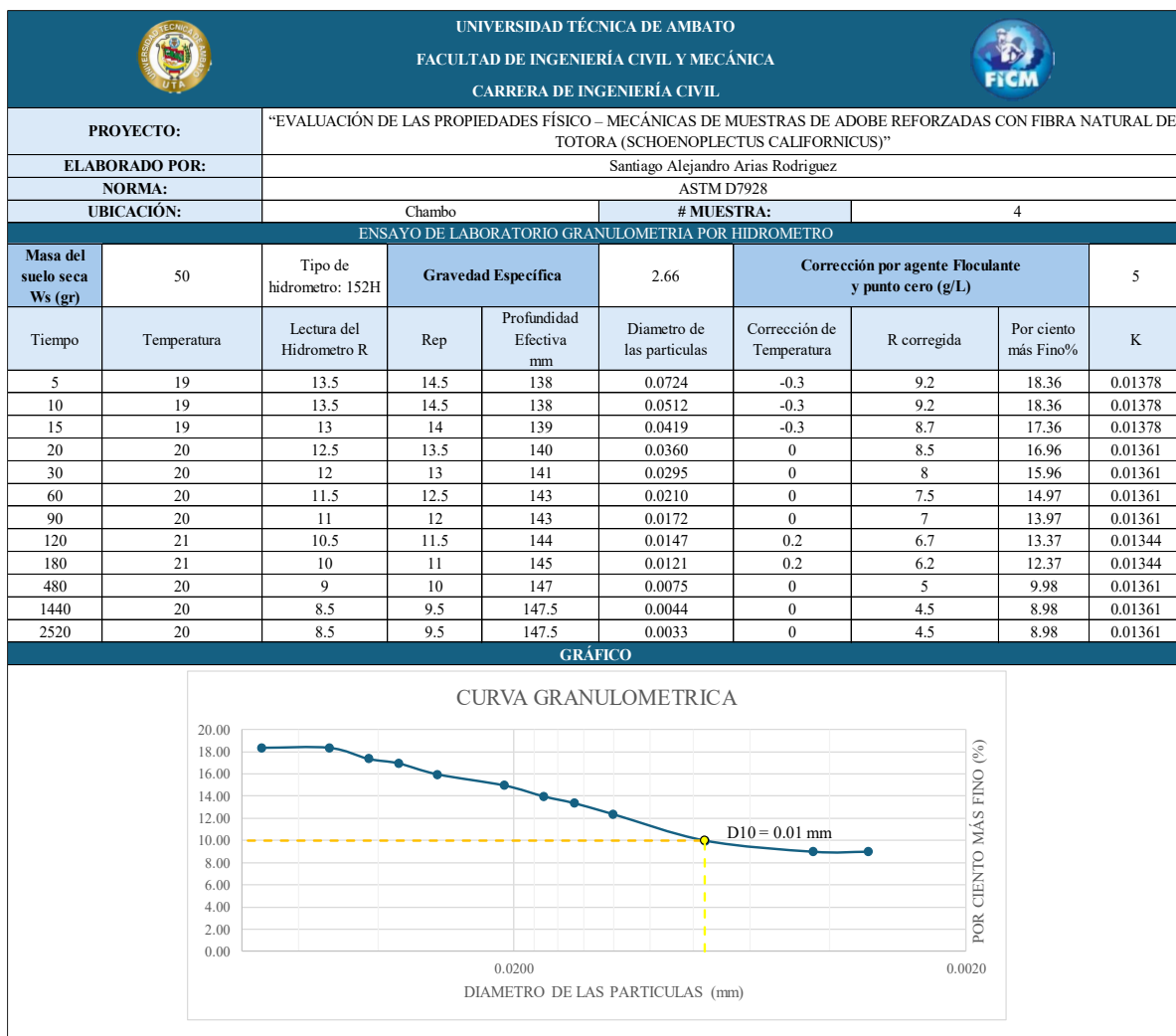
Anexo 26. Anexo carta de Plasticidad de la SUCS y AASHTO



Anexo 27. Anexo gravedad Especifica de la tierra mezcla



Anexo 28. Anexo análisis Granulométrico por Hidrómetro de la tierra mezcla



Anexo 29. Anexo resistencia a la Compresión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO		COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO						
NORMA:		NTP E.080-PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05						
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”						
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0% DE FIBRA DE TOTORA						
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO	ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez			
FECHA DE ENSAYO		4/5/2026	# MUESTRA:		MUESTRA CUBO MC			
TABLA DE DATOS								
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
MC 1.1	10.08	10.08	10.20	101.51	1.79	20.38	2078.15	20.47
MC 1.2	10.10	10.10	10.12	102.01	2.97	20.08	2047.56	20.07
MC 1.3	10.12	10.21	10.18	103.33	3.07	16.73	1705.96	16.51
MC 1.4	10.06	10.14	10.21	102.01	2.98	18.47	1883.39	18.46
MC 1.5	10.28	10.15	10.15	104.29	1.83	20.88	2129.13	20.42
MC 1.6	10.18	10.25	10.25	104.29	1.84	14.71	1499.98	14.38
PROMEDIO DE LOS MEJORES CUATRO RESULTADOS								19.86

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL						
ENSAYO		COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO						
NORMA:		NTP E.080-PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05						
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”						
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA						
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO	ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez			
FECHA DE ENSAYO		19/5/2026	# MUESTRA:		MUESTRA CUBO MC			
TABLA DE DATOS								
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
MC 2.1	10.13	10.00	10.28	101.25	1.81	26.18	2669.57	26.37
MC 2.2	10.35	10.20	10.00	105.57	1.81	28.89	2945.91	27.90
MC 2.3	10.13	10.28	10.33	104.03	1.81	26.14	2665.50	25.62
MC 2.4	10.40	10.18	10.18	105.82	1.72	27.45	2799.08	26.45
MC 2.5	10.08	10.23	10.05	103.02	1.81	26.10	2661.42	25.83
MC 2.6	10.23	10.08	10.40	103.02	1.78	27.25	2778.68	26.97
PROMEDIO DE LOS MEJORES CUATRO RESULTADOS								26.92

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
ENSAYO		COMPRESIÓN DE ADOBE COMPACTADO						
NORMA:		NTP E.080-PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05						
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”						
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA						
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO	ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez			
FECHA DE ENSAYO		15/5/2026	# MUESTRA:		MUESTRA CUBO MC			
TABLA DE DATOS								
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Compresión (kg/cm2)
MC 3.1	10.15	10.13	10.45	102.77	1.69	13.6	1386.79	13.49
MC 3.2	10.08	10.18	10.35	102.51	1.66	13.73	1400.05	13.66
MC 3.3	10.23	10.10	10.15	103.27	1.68	13.32	1358.24	13.15
MC 3.4	10.20	10.10	10.08	103.02	1.66	13.93	1420.44	13.79
MC 3.5	10.15	10.28	10.08	104.29	1.71	13.73	1400.05	13.42
MC 3.6	10.28	10.20	10.28	104.81	1.65	15.21	1550.96	14.80
PROMEDIO DE LOS MEJORES CUATRO RESULTADOS								13.93



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



ENSAYO	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE PROBETAS CILÍNDRICAS						
NORMA:	NTP E.080-ASTM C496						
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”						
TIPO DE MATERIAL	ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA						
UBICACIÓN:	CANTON CHAMBO		ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
FECHA DE ENSAYO	22/5/2026		# MUESTRA:		MUESTRA PROBETA MP		

TABLA DE DATOS

N°	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Área (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (KN)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Tracción (kg/cm2)
MP 2.1	14.60	28.60	167.42	7.92	14.2	1447.97	2.21
MP 2.2	14.50	28.45	165.13	7.95	17.1	1743.69	2.69
MP 2.3	14.40	28.50	162.86	7.81	12.6	1284.82	1.99
MP 2.4	14.50	28.25	165.13	7.78	15.1	1539.75	2.39
MP 2.5	14.45	28.30	163.99	7.78	11.5	1172.66	1.83
MP 2.6	14.50	28.60	165.13	7.95	14.4	1468.37	2.25
PROMEDIO DE LOS MEJORES CUATRO RESULTADOS							2.39

Anexo 31. Anexo resistencia a la Flexión

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO		TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO								
NORMA:		PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt5-ASTM C67-05								
PROYECTO:		"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)"								
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0% DE FIBRA DE TOTORA								
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO			ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez			
FECHA DE ENSAYO		11/05/2026			# MUESTRA:		MUESTRA LADRILLO ML			
TABLA DE DATOS										
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	PLANO DE FALLA (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (N)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Flexión (kg/cm2)
ML 1.1	30.93	15.93	6.80	0.70	25.85	492.87	6.14	1197.18	122.08	6.08
ML 1.2	31.10	16.30	7.37	0.80	26.02	506.93	6.03	1101.81	112.35	4.65
ML 1.3	31.00	16.23	7.63	0.70	25.92	503.23	6.14	1118.34	114.04	4.43
ML 1.4	31.33	17.00	7.63	0.50	26.25	532.67	6.25	1016.94	103.70	3.97
ML 1.5	31.33	16.13	7.80	0.90	26.25	505.51	6.29	1179.54	120.28	4.49
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS									4.73	

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO									
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA											
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL											
ENSAYO		TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO									
NORMA:		PNTp 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05									
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”									
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA									
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO					ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
FECHA DE ENSAYO		20/05/2026					# MUESTRA:		MUESTRA LADRILLO ML		
TABLA DE DATOS											
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	PLANO DE FALLA (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (N)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Flexión (MPa)	
ML 2.1	31.27	16.37	7.73	0.40	26.19	511.73	6.68	1484.87	151.42	5.89	
ML 2.2	31.23	16.17	7.67	0.60	26.15	504.94	6.56	1763.98	179.88	7.09	
ML 2.3	31.33	16.13	7.63	0.70	26.25	505.51	6.67	1841.86	187.82	7.45	
ML 2.4	31.27	16.07	7.30	0.80	26.19	502.35	6.30	1869.20	190.61	8.21	
ML 2.5	31.20	16.13	7.83	0.40	26.12	503.36	6.37	1438.78	146.72	5.63	
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS										6.85	

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ENSAYO		TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO								
NORMA:		PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05								
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”								
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA								
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO				ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
FECHA DE ENSAYO		15/05/2026				# MUESTRA:		MUESTRA LADRILLO ML		
TABLA DE DATOS										
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	PLANO DE FALLA (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (N)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Flexión (kg/cm2)
ML 3.1	31.30	16.50	7.63	1.25	26.22	516.45	6.33	803.31	81.92	3.03
ML 3.2	31.23	16.43	7.60	2.85	26.15	513.27	6.11	1066.84	108.79	3.52
ML 3.3	31.33	16.23	7.63	1.35	26.25	508.64	6.22	862.12	87.91	3.28
ML 3.4	31.10	16.20	7.47	2.15	26.02	503.82	6.06	898.36	91.61	3.30
ML 3.5	31.27	16.33	7.57	1.90	26.19	510.69	6.15	801.72	81.75	2.94
PROMEDIO DE RESULTADOS									3.21	

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
		CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL								
ENSAYO		TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO								
NORMA:		PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05								
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”								
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA								
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO				ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez		
FECHA DE ENSAYO		18/05/2026				# MUESTRA:		MUESTRA LADRILLO ML		
TABLA DE DATOS										
N°	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	PLANO DE FALLA (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (N)	Carga Máxima (kg)	RESISTENCIA A LA Flexión (kg/cm²)
ML 4.1	31.40	16.15	7.50	0.80	26.32	507.11	6.31	789.33	80.49	3.29
ML 4.2	31.43	16.10	7.87	2.35	26.35	506.08	6.48	885.65	90.31	2.94
ML 4.3	31.63	16.20	7.53	0.90	26.55	512.46	6.35	825.56	84.18	3.40
ML 4.4	31.23	16.03	7.53	2.00	26.15	500.77	6.34	891.37	90.89	3.32
ML 4.5	32.57	16.43	6.87	2.90	27.49	535.18	6.41	868.48	88.56	3.72
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS										3.33

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA										
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL										
ENSAYO		TRACCIÓN POR FLEXIÓN DE ADOBE COMPACTADO								
NORMA:		PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05								
PROYECTO:		“EVALUACION DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECANICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPECTUS CALIFORNICUS)”								
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 1.00% DE FIBRA DE TOTORA								
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO			ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez			
FECHA DE ENSAYO		19/05/2026			# MUESTRA:		MUESTRA LADRILLO ML			
TABLA DE DATOS										
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	PLANO DE FALLA (cm)	DISTANCIA ENTRE APOYOS (cm)	Area Bruta (cm2)	Peso (kg)	Carga Máxima (N)	Carga Máxima (kg)	Resistencia a la Flexión (kg/cm2)
ML 5.1	31.57	16.17	7.57	2.50	26.49	510.33	6.08	832.56	84.90	2.96
ML 5.2	32.33	16.33	7.23	5.10	27.25	528.11	6.01	790.33	80.59	2.41
ML 5.3	32.43	16.60	7.47	2.10	27.35	538.39	6.14	903.77	92.16	3.46
ML 5.4	32.13	16.53	7.30	1.40	27.05	531.27	6.01	516.26	52.64	2.17
ML 5.5	32.83	16.50	7.40	2.40	27.75	541.75	6.25	637.05	64.96	2.48
PROMEDIO DE LOS RESULTADOS										2.70

Anexo 32. Anexo porcentaje de Absorción

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO							
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA									
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL									
ENSAYO		ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOBE							
NORMA:		PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05							
PROYECTO:		“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”							
TIPO DE MATERIAL		ADOBE CON 0% DE FIBRA DE TOTORA							
UBICACIÓN:		CANTON CHAMBO		ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez			
FECHA DE ENSAYO		21/5/2026		# MUESTRA:		MUESTRA ABSORCIÓN MA			
TABLA DE DATOS									
TIEMPO DE DESINTEGRO = 30 MINUTOS									
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)	
MA 1.1	30.73	16.23	7.30	3642.00	6.15	4.8	21.95	27.97	
MA 1.2	31.03	16.17	7.30	3662.45	6.17	3.94	36.14		
MA 1.3	31.03	16.33	7.63	3869.17	6.10	3.91	35.90		
MA 1.4	31.20	16.33	7.57	3855.97	6.35	4.73	25.51		
MA 1.5	31.47	16.13	7.33	3722.86	6.09	4.85	20.36		
TIEMPO DE DESINTEGRO = 60 MINUTOS									
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)	
MA 1.1	30.73	16.23	7.30	3642.00	6.15	2.35	61.79	61.05	
MA 1.2	31.03	16.17	7.30	3662.45	6.17	2.47	59.97		
MA 1.3	31.03	16.33	7.63	3869.17	6.10	2.19	64.10		
MA 1.4	31.20	16.33	7.57	3855.97	6.35	2.94	53.70		
MA 1.5	31.47	16.13	7.33	3722.86	6.09	2.09	65.68		

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
ENSAYO	ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOBE							
NORMA:	PNT 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05							
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”							
TIPO DE MATERIAL	ADOBE CON 0.25% DE FIBRA DE TOTORA							
UBICACIÓN:	CANTON CHAMBO	ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez					
FECHA DE ENSAYO	21/5/2026	# MUESTRA:	MUESTRA ABSORCIÓN MA					
TABLA DE DATOS								
TIEMPO DE DESINTEGRO = 30 MINUTOS								
N°	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 2.1	31.33	16.40	7.60	3905.39	6.77	5.51	18.61	21.54
MA 2.2	31.37	16.17	7.53	3820.11	6.61	5.05	23.60	
MA 2.3	31.27	16.37	7.77	3974.44	6.71	4.97	25.93	
MA 2.4	31.20	16.37	7.57	3863.84	6.63	5.54	16.44	
MA 2.5	31.30	16.30	7.80	3979.48	6.66	5.12	23.12	
TIEMPO DE DESINTEGRO = 60 MINUTOS								
N°	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 2.1	31.33	16.40	7.60	3905.39	6.77	4.13	39.00	43.96
MA 2.2	31.37	16.17	7.53	3820.11	6.61	3.05	53.86	
MA 2.3	31.27	16.37	7.77	3974.44	6.71	3.16	52.91	
MA 2.4	31.20	16.37	7.57	3863.84	6.63	4.28	35.44	
MA 2.5	31.30	16.30	7.80	3979.48	6.66	4.09	38.59	
TIEMPO DE DESINTEGRO = 90 MINUTOS								
N°	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 2.1	31.33	16.40	7.60	3905.39	6.77	3.04	55.10	65.95
MA 2.2	31.37	16.17	7.53	3820.11	6.61	0.71	89.26	
MA 2.3	31.27	16.37	7.77	3974.44	6.71	1.61	76.01	
MA 2.4	31.20	16.37	7.57	3863.84	6.63	3.18	52.04	
MA 2.5	31.30	16.30	7.80	3979.48	6.66	2.84	57.36	
TIEMPO DE DESINTEGRO = 120 MINUTOS								
N°	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 2.1	31.33	16.40	7.60	3905.39	6.77	0.76	88.77	84.41
MA 2.2	31.37	16.17	7.53	3820.11	6.61	0.94	85.78	
MA 2.3	31.27	16.37	7.77	3974.44	6.71	1.1	83.61	
MA 2.4	31.20	16.37	7.57	3863.84	6.63	1.27	80.84	
MA 2.5	31.30	16.30	7.80	3979.48	6.66	1.13	83.03	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
ENSAYO	ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOBE							
NORMA:	PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05							
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”							
TIPO DE MATERIAL	ADOBE CON 0.50% DE FIBRA DE TOTORA							
UBICACIÓN:	CANTON CHAMBO	ELABORADO POR:		Santiago Alejandro Arias Rodriguez				
FECHA DE ENSAYO	21/5/2026	# MUESTRA:		MUESTRA ABSORCIÓN MA				
TABLA DE DATOS								
TIEMPO DE DESINTEGRO = 30 MINUTOS								
N°	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 3.1	31.33	16.30	7.77	3966.70	6.16	5.12	16.88	34.16
MA 3.2	31.53	16.30	7.77	3992.01	6.22	4.32	30.55	
MA 3.3	31.40	16.43	7.67	3956.05	6.18	4.42	28.42	
MA 3.4	31.23	16.23	7.57	3836.46	6.22	3.39	45.50	
MA 3.5	31.40	16.47	7.60	3929.61	6.23	3.15	49.44	
TIEMPO DE DESINTEGRO = 60 MINUTOS								
N°	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 3.1	31.33	16.30	7.77	3966.70	6.16	0.92	85.06	87.66
MA 3.2	31.53	16.30	7.77	3992.01	6.22	0.83	86.66	
MA 3.3	31.40	16.43	7.67	3956.05	6.18	0.2	96.76	
MA 3.4	31.23	16.23	7.57	3836.46	6.22	1.05	83.12	
MA 3.5	31.40	16.47	7.60	3929.61	6.23	0.83	86.68	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
ENSAYO	ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOBE							
NORMA:	PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05							
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”							
TIPO DE MATERIAL	ADOBE CON 0.75% DE FIBRA DE TOTORA							
UBICACIÓN:	CANTON CHAMBO	ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez					
FECHA DE ENSAYO	21/5/2026	# MUESTRA:	MUESTRA ABSORCIÓN MA					
TABLA DE DATOS								
TIEMPO DE DESINTEGRO = 30 MINUTOS								
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 4.1	30.97	16.27	7.67	3861.89	6.32	1.03	83.70	82.81
MA 4.2	31.03	16.47	7.73	3951.85	6.41	0.98	84.71	
MA 4.3	30.93	16.43	7.73	3931.15	6.30	1.08	82.86	
MA 4.4	30.90	16.30	7.83	3945.42	6.49	1.23	81.05	
MA 4.5	31.30	16.57	7.83	4061.87	6.41	1.17	81.75	

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL 								
ENSAYO	ENSAYO DE ABSORCIÓN DEL ADOBE							
NORMA:	PNTP 399.613-NTE INEN 3049 Pt.5-ASTM C67-05							
PROYECTO:	“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO – MECÁNICAS DE MUESTRAS DE ADOBE REFORZADAS CON FIBRA NATURAL DE TOTORA (SCHOENOPLECTUS CALIFORNICUS)”							
TIPO DE MATERIAL	ADOBE CON 1.00% DE FIBRA DE TOTORA							
UBICACIÓN:	CANTON CHAMBO	ELABORADO POR:	Santiago Alejandro Arias Rodriguez					
FECHA DE ENSAYO	22/5/2026	# MUESTRA:	MUESTRA ABSORCIÓN MA					
TABLA DE DATOS								
TIEMPO DE DESINTEGRO = 30 MINUTOS								
Nº	Base (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (cm3)	Peso Seco (kg)	Peso Saturado (kg)	Porcentaje de Absorción (%)	Promedio (%)
MA 5.1	31.63	16.67	7.73	4077.19	6.34	0.0	100.00	100.00
MA 5.2	31.37	16.43	7.70	3969.03	5.97	0.0	100.00	
MA 5.3	31.63	16.33	7.73	3995.64	6.17	0.0	100.00	
MA 5.4	32.17	16.23	7.67	4003.32	6.44	0.0	100.00	
MA 5.5	31.53	16.50	7.57	3936.94	6.14	0.0	100.00	

Anexo 33. Anexo registro Fotográfico

Fotografía 1 	Fotografía 2 
Calibración de la máquina	Colocación del bloque
Fotografía 3 	Fotografía 4 
Medición de la falla	Bloques de adobe
Fotografía 5 	Fotografía 6 
Absorción de agua del bloque	Peso saturado del bloque

Fotografía 7	Fotografía 8
	
Inmersión del bloque con totora	Ensayo a compresión

Fotografía 9	Fotografía 10
	
Muestras de probeta	Muestra de cubo con 0.50% de totora

Fotografía 11	Fotografía 12
	
Falla a tracción indirecta de la probeta	Ensayo a flexión del bloque

Fotografía 13	Fotografía 14
	
Medición del hidrómetro	Secado de las probetas de adobe

Fotografía 15	Fotografía 16
	
Fabricación de las probetas	Transportación de la planta de totora

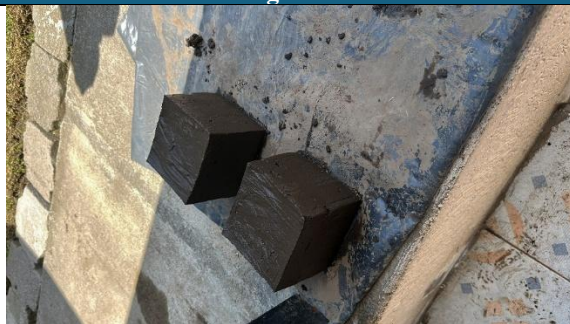
Fotografía 17	Fotografía 18
	
Primeras muestras	Mezcla dormida con totora

Fotografía 19



Integración de la tatora en la mezcla

Fotografía 20



Secado de cubos

Fotografía 21



Colocación de los bloques con la mezcla

Fotografía 22



Ensayo plástico

Fotografía 23



Ensayo liquido

Fotografía 24



Materiales para los ensayos

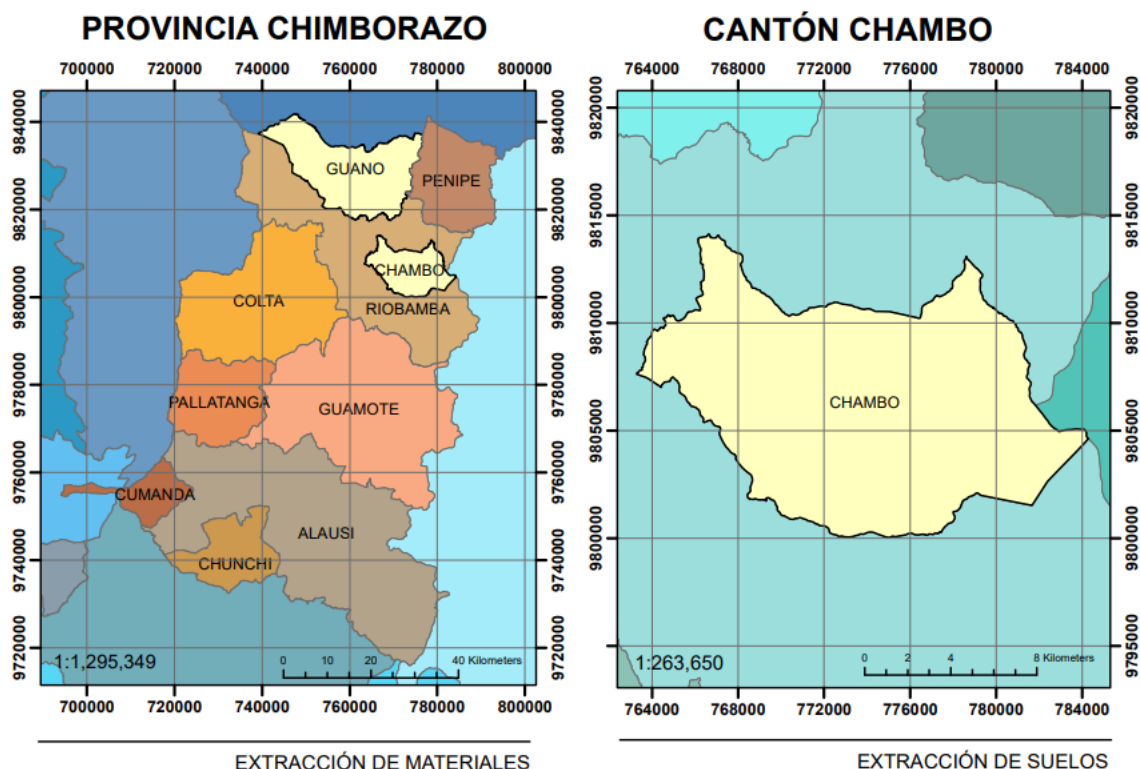
Fotografía 25	Fotografía 26
	
Preparación del bloque	Mezcla con agua

Fotografía 27	Fotografía 28
	
Fibras de totora	Dormido de la mezcla

Fotografía 29	Fotografía 30
	
Zaranda para finos	Zaranda para finos

Anexo 34. Anexo ubicación de la Extracción de los materiales

UBICACIÓN DE LUGARES DE EXTRACCIÓN DE MATERIALES



CANTÓN GUANO - PARROQUIA SAN GERARDO

