

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra  
estabilizadas con cal y reforzadas con fibras de cáscara de yuca**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Juan Jesus Angel Fernandez Cruzado**

**ASESOR**

**Angel Alberto Lorren Palomino**

<https://orcid.org/0000-0002-6432-3453>

**Chiclayo, 2024**

**Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra  
estabilizadas con cal y reforzadas con fibras de cáscara de yuca**

PRESENTADA POR

**Juan Jesus Angel Fernandez Cruzado**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Juan Merino Roncero

PRESIDENTE

Luis Quiroz Quiñonez

SECRETARIO

Angel Alberto Lorren Palomino

VOCAL

## **Dedicatoria**

La siguiente investigación la dedico a todas las personas que me forjaron en disciplina y me ayudaron a ser perseverante en la vida, ser resiliente ante las adversidades y ser guías en cada paso de los días.

A mi madre Angela por ser mi apoyo y mi tesoro incondicional, por sus hermosos consejos y por velar siempre por mí.

A mis hermanos Omar, Blanca y Henry por apoyarme constantemente en mi carrera y saber guiarme en las decisiones de la vida.

## **Agradecimientos**

Agradezco plenamente a mi asesor Lorren Palomino Angel Alberto, por darme su tiempo día a día y saber guiarme con su conocimiento y experiencia, su ayuda fue plena durante el avance de mi investigación y con la realización de los ensayos pertinentes para el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

A mi familia, por estar siempre allí para mí, ser un apoyo incondicional y preocuparse por mi desarrollo profesional siempre.

A los dueños de los restaurantes que me brindaron la cáscara de yuca incondicionalmente, y por tenerme paciencia de recogerme la misma durante todos los días.

# Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibras de cáscara de yuca

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>11%</b>
<b>2</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.upla.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Privada del Norte</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## Índice

Resumen .....	21
Abstract .....	22
Introducción .....	23
Revisión de literatura .....	26
Materiales y métodos .....	52
Resultados y discusión .....	131
Conclusiones .....	174
Recomendaciones .....	175
Referencias .....	176
Anexos.....	180

## LISTA DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Tejidos de la yuca [19]</i> .....	31
<i>Ilustración 2 Rollito de tierra de 10 cm (Poca arcilla)</i> .....	32
<i>Ilustración 3 Rollito de tierra de 25 cm (Bastante arcilla)</i> .....	32
<i>Ilustración 4 Formación de las 4 bolitas de arcilla</i> .....	33
<i>Ilustración 5 Prueba de validación de las 4 bolitas de arcilla</i> .....	33
<i>Ilustración 6 Carta de plasticidad</i> .....	32
<i>Ilustración 7 Análisis granulométrico</i> .....	32
<i>Ilustración 8 Grietas o fisuras en las unidades de adobe</i> .....	33
<i>Ilustración 9 Peso de 1 hombre sobre la unidad de adobe</i> .....	33
<i>Ilustración 10 Distribución de esfuerzos en el bloque de dos unidades de adobe unidas con mortero [23]</i> .....	36
<i>Ilustración 11 Relación de alto y ancho de las de pilas ensayadas a compresión</i> .....	39
<i>Ilustración 12 Modo de aplicación de la máquina compresora sobre los muretes a tracción indirecta</i> .....	40
<i>Ilustración 13 Ubicación de la cantera adobera</i> .....	60
<i>Ilustración 14 Vista de la cantera adobera</i> .....	60
<i>Ilustración 15 Recorrido de Google Maps desde domicilio hasta la cantera adobera seleccionada</i> .....	67
<i>Ilustración 16 Presentación de la cal comprado en Promart Chiclayo</i> .....	67
<i>Ilustración 17 Secado al sol de las fibras de cáscara de yuca por 4 a 6 días</i> .....	68
<i>Ilustración 18 Almacenamiento de las fibras de cáscara de yuca en cajas de cartón</i> .....	68
<i>Ilustración 19 Ubicación del taller de horno</i> .....	69
<i>Ilustración 20 Taller del horno</i> .....	69
<i>Ilustración 21 Traslado de las cajas con fibra de ceniza de cáscara de yuca</i> .....	69
<i>Ilustración 22 Colocación de las fibras en el horno artesanal</i> .....	70
<i>Ilustración 23 Toma de temperatura con el termómetro en el horno artesanal</i> .....	70
<i>Ilustración 24 Toma de temperatura a diferentes tiempos en el horno artesanal</i> .....	71
<i>Ilustración 25 Aplicación de ventilador Siroco a aire forzado para aumentar la temperatura en el horno artesanal</i> .....	71
<i>Ilustración 26 Movimiento con el trinche metálico para incinerar toda la fibra presente en el horno artesanal</i> .....	71
<i>Ilustración 27 Colocación de la ceniza recién incinerada en un cajón metálico</i> .....	72
<i>Ilustración 28 Colocación de la ceniza incinerada para calcinarla en un horno microondas</i> .....	72
<i>Ilustración 29 Extracción de la ceniza recién calcinada para tamizarla</i> .....	72
<i>Ilustración 30 Peso de ceniza que no pasa la malla #30</i> .....	73
<i>Ilustración 31 Peso de ceniza que pasa la malla #30</i> .....	73
<i>Ilustración 32 Elaboración del cilindro de arcilla para la comprobación cualitativa de arcilla</i> .....	74
<i>Ilustración 33 Comprobación del diámetro de 10 mm del cilindro</i> .....	74
<i>Ilustración 34 Medida de la altura colgante del cilindro una vez convertido en cinta de barro</i> .....	74
<i>Ilustración 35 Elaboración de las esferas de barro para el ensayo de resistencia seca</i> .....	75
<i>Ilustración 36 Comprobación de cantidad óptima de arcilla en las esferas realizadas para el ensayo</i> .....	75
<i>Ilustración 37 Fibra de cáscara de yuca en una estufa a 300°C para su completo secado</i> .....	76

<i>Ilustración 38 Balanza de humedad .....</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 39 Resultados de la humedad medida por la balanza .....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 40 Mufla de 1200°C para hacer ceniza la fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 41 Uniformización de la temperatura de la ceniza.....</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 42 Cromatógrafo de masa y gases MS/GS .....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 43 Cromatógrafo de aniones y cationes .....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 44 Multiparámetro para medir PH.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 45 Peso de la tara para el contenido de humedad .....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 46 Peso de la tara más la muestra húmeda .....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 47 Colocación de la muestra de suelo en estado húmedo en el horno .....</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 48 Retirada de la muestra del horno .....</i>	<i>: 0</i>
<i>Ilustración 49 Peso de la tara más la muestra seca .....</i>	<i>: 0</i>
<i>Ilustración 50 Saturación de la muestra por 24 horas .....</i>	<i>: 0</i>
<i>Ilustración 51 Lavado de la muestra seca, después de saturar de 24 horas. ....</i>	<i>: 1</i>
<i>Ilustración 52 Pesado de la muestra después del lavado .....</i>	<i>: 1</i>
<i>Ilustración 53 Pesado de la muestra seca al horno.....</i>	<i>: 2</i>
<i>Ilustración 54 Serie de tamices usados para el ensayo de granulometría .....</i>	<i>: 2</i>
<i>Ilustración 55 Movimiento rotatorio lateral de los tamices .....</i>	<i>: 2</i>
<i>Ilustración 56 Pesos retenidos en las mallas N°4, 10, 20, 40, 50, 100 y 200 respectivamente .....</i>	<i>: 3</i>
<i>Ilustración 57 Pasado de la muestra por el tamiz de malla N°40 .....</i>	<i>: 4</i>
<i>Ilustración 58 Mezcla de agua destilada con la tierra tamizada .....</i>	<i>: 4</i>
<i>Ilustración 59 Taras para límite líquido (P18, P13 y T6 respectivamente) .....</i>	<i>: 4</i>
<i>Ilustración 60 Colocación de la muestra aglutinada en la copa de Casa Grande .....</i>	<i>: 5</i>
<i>Ilustración 61 Realización de la ranura de 1 cm con ayuda del calibrador de la copa de Casa Grande .....</i>	<i>: 5</i>
<i>Ilustración 62 Movimiento giratorio de la manivela hasta que la ranura de 1cm cierre .....</i>	<i>: 5</i>
<i>Ilustración 63 Extracción de 1 cm de ancho de la muestra obtenida después de unir la ranura hecha anteriormente.....</i>	<i>: 6</i>
<i>Ilustración 64 Peso de las muestras en estado húmedo (P18, P13 y T6 respectivamente) .....</i>	<i>: 6</i>
<i>Ilustración 65 Peso de las muestras en estado seco (P18, P13 y T6 respectivamente) .....</i>	<i>: 6</i>
<i>Ilustración 66 Taras para límite plástico (L10, L12 y L5) .....</i>	<i>: 7</i>
<i>Ilustración 67 Realización de los cilindros de 3.2 mm.....</i>	<i>: 7</i>
<i>Ilustración 68 Peso de las muestras en estado húmedo (L10, L12 y L5 respectivamente) .....</i>	<i>: 7</i>
<i>Ilustración 69 Tamizado de la muestra por la malla N°10 .....</i>	<i>: 8</i>
<i>Ilustración 70 Pesado de la muestra tamizada .....</i>	<i>: 8</i>
<i>Ilustración 71 Peso de la fiola de 250 ml .....</i>	<i>: 9</i>
<i>Ilustración 72 Agua destilada para el ensayo .....</i>	<i>: 9</i>
<i>Ilustración 73 Extracción del agua destilada para colocarlo en la fiola.....</i>	<i>: 9</i>
<i>Ilustración 74 Colocación de la muestra en la fiola .....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 75 Colocación del agua destilada hasta el tope del frasco volumétrico .....</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 76 Extracción del aire con movimientos giratorios durante 15 minutos.....</i>	<i>90</i>

<i>Ilustración 77</i>	<i>Pesado de la fiola con agua destilada y muestra de tierra después de 16 o 20 horas</i>	91
<i>Ilustración 78</i>	<i>Peso del molde de Proctor</i>	92
<i>Ilustración 79</i>	<i>Medida del diámetro del molde de Proctor</i>	92
<i>Ilustración 80</i>	<i>Medida de la altura del molde de Proctor</i>	92
<i>Ilustración 81</i>	<i>Peso de la tierra en estado suelto más el molde del Proctor</i>	93
<i>Ilustración 82</i>	<i>Colocación de la muestra cada 3 partes en el molde del Proctor</i>	93
<i>Ilustración 83</i>	<i>Compactación del material con ayuda de una varilla lisa redonda</i>	94
<i>Ilustración 84</i>	<i>Llegada del material de la muestra casi al canto o rebose del molde de Proctor</i>	94
<i>Ilustración 85</i>	<i>Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de compresión</i>	96
<i>Ilustración 86</i>	<i>Pesaje de la cal para los ensayos de compresión</i>	96
<i>Ilustración 87</i>	<i>Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de tracción</i>	96
<i>Ilustración 88</i>	<i>Pesaje de la cal para los ensayos de tracción</i>	97
<i>Ilustración 89</i>	<i>Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de absorción, succión y tracción en mortero</i>	77
<i>Ilustración 90</i>	<i>Pesaje de la cal para los ensayos de absorción, succión y tracción en mortero</i>	97
<i>Ilustración 91</i>	<i>Diseño de mezcla para los morteros</i>	98
<i>Ilustración 92</i>	<i>Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para el ensayo de tracción del mortero (mortero)</i>	98
<i>Ilustración 93</i>	<i>Pesaje de la cal para el ensayo de tracción del mortero (mortero)</i>	98
<i>Ilustración 94</i>	<i>Cantidad total de cal y de yuca por utilizar para las unidades patrón y experimentales (expresado en kilogramos)</i>	99
<i>Ilustración 95</i>	<i>Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de pilares y muretes</i>	320
<i>Ilustración 96</i>	<i>Pesaje de la cal para los ensayos de pilares y muretes</i>	303
<i>Ilustración 97</i>	<i>Visualización del barro dormido después de 1 día</i>	321
<i>Ilustración 98</i>	<i>Mezclado del barro fermentado con cal</i>	321
<i>Ilustración 99</i>	<i>Proceso de elaboración manual de las unidades de mampostería de tierra sin cocer</i>	321
<i>Ilustración 100</i>	<i>Unidades patrón respectivas para cada ensayo</i>	322
<i>Ilustración 101</i>	<i>Colocación de las fibras de cáscara de yuca en el núcleo interno de los bloques de tierra reforzada</i>	322
<i>Ilustración 102</i>	<i>Alisado manual de las unidades de adobe</i>	322
<i>Ilustración 103</i>	<i>Acabado de las unidades de adobe</i>	323
<i>Ilustración 104</i>	<i>Codificación respectiva para cada unidad de adobe según tipo de ensayo y dosificación empleada</i>	323
<i>Ilustración 105</i>	<i>Nomenclatura respectiva de las muestras de adobe a ensayar a compresión</i>	324
<i>Ilustración 106</i>	<i>Pesaje de los cubos de adobe que serán sometidos a compresión</i>	324
<i>Ilustración 107</i>	<i>Carga final aplicada sobre el cubo de adobe patrón en el cual este último presenta rotura</i>	325
<i>Ilustración 108</i>	<i>Estado inicial del cubo patrón antes de revisar su núcleo interno</i>	325
<i>Ilustración 109</i>	<i>Revisión final del estado de rotura del adobe patrón</i>	325
<i>Ilustración 110</i>	<i>Carga final aplicada sobre el cubo de adobe con 2% de fibra de cáscara de yuca en el cual este último presenta rotura</i>	326

<i>Ilustración 111 Revisión final del estado de rotura del adobe con dosificación del 2% de fibra de cáscara de yuca</i> .....	106
<i>Ilustración 112 Nomenclatura respectiva de las muestras de adobe a ensayar a tracción</i> .....	107
<i>Ilustración 113 Medida de la altura del cilindro con el pie de rey</i> .....	107
<i>Ilustración 114 Medida del diámetro del cilindro</i> .....	107
<i>Ilustración 115 Calibración de la máquina compresora</i> .....	108
<i>Ilustración 116 Ajuste de la carga aplicada sobre la probeta cilíndrica</i> .....	108
<i>Ilustración 117 Carga resultante al romperse la probeta cilíndrica perpendicular a su centro</i> .....	109
<i>Ilustración 118 Observación de la falla perpendicular en la probeta cilíndrica</i> .....	109
<i>Ilustración 119 Estado de falla de las unidades cilíndricas A</i> .....	110
<i>Ilustración 120 Estado de falla de las unidades cilíndricas 0.5Y</i> .....	110
<i>Ilustración 121 Estado de falla de las unidades cilíndricas 1Y</i> .....	111
<i>Ilustración 122 Estado de falla de las unidades cilíndricas 1.5Y</i> .....	111
<i>Ilustración 123 Estado de falla de las unidades cilíndricas 2Y</i> .....	111
<i>Ilustración 124 Nomenclatura respectiva de las muestras de adobe a ensayar a tracción indirecta sobre el mortero</i> .....	112
<i>Ilustración 125 Colocación del mortero sobre la unidad de adobe después de una semana</i> .....	112
<i>Ilustración 126 Comprobación de la junta de 1.5 cm</i> .....	112
<i>Ilustración 127 Colocación de la fibra de cáscara de yuca en el núcleo de la mezcla del barro y cal</i> .....	113
<i>Ilustración 128 Estado final del mortero después de aplicar la carga a tracción indirecta sobre este de las unidades propuestas (0.5Y, 1Y, 1.5Y y 2Y)</i> .....	113
<i>Ilustración 129 Nomenclatura respectiva de las unidades a someter a absorción durante 5 minutos</i> .....	114
<i>Ilustración 130 Colocación de las 5 muestras de adobe propuestas según su dosificación respectivamente (A, 0.5Y, 1Y, 1.5Y y 2Y)</i> .....	114
<i>Ilustración 131 Extracción de las muestras una vez pasado los 5 minutos de sumersión en el agua</i> .....	115
<i>Ilustración 132 Peso de las muestras sumergidas en agua una vez pasado 5 minutos</i> .....	115
<i>Ilustración 133 Nomenclatura respectiva de las unidades que se sometieron a succión</i> .....	116
<i>Ilustración 134 Instalación de los soportes metálicos y colocación del agua hasta 3 mm encima del borde superior de estos.</i> .....	116
<i>Ilustración 135 Medida con el pie de rey de las dimensiones de las unidades de adobe.</i> .....	117
<i>Ilustración 136 Colocación de la unidad en la bandeja con agua</i> .....	117
<i>Ilustración 137 Extracción de la muestra una vez pasado 1 minuto.</i> .....	118
<i>Ilustración 138 Pesado de la muestra de adobe una vez pasado los 2 minutos.</i> .....	118
<i>Ilustración 139 Elaboración de las unidades de bloque de tierra conformado por la fibra y ceniza de cáscara de yuca en % óptimo.</i> .....	118
<i>Ilustración 140 Unidades de bloques de tierra separadas según su composición</i> .....	119
<i>Ilustración 141 Remojo de los bloques de tierra antes del asentado de 15 a 30 segundos</i> .....	119
<i>Ilustración 142 Preparación del mortero antes del asentado de las unidades de tierra sin cocer</i> .....	119
<i>Ilustración 143 Asentado de los bloques</i> .....	140
<i>Ilustración 144 Comprobación de 1 cm de espesor del mortero</i> .....	140

<b>Ilustración 145</b> Último asentado del pilar .....	<b>120</b>
<b>Ilustración 146</b> Reposo de las muestras ante el sol por 28 días .....	<b>121</b>
<b>Ilustración 147</b> Marcado con plumón azul para medir el espesor del mortero .....	<b>121</b>
<b>Ilustración 148</b> Colocación de la pila dentro de la máquina compresora .....	<b>122</b>
<b>Ilustración 149</b> Ajuste de la carga durante la realización de ensayo .....	<b>122</b>
<b>Ilustración 150</b> Preparación de las mezclas propuestas.....	<b>123</b>
<b>Ilustración 151</b> Asentado de adobes para muretes .....	<b>123</b>
<b>Ilustración 152</b> Muretes de muestras experimentales .....	<b>123</b>
<b>Ilustración 153</b> Aplicación de la carga de manera manual en la máquina de tracción diagonal .....	<b>124</b>
<b>Ilustración 154</b> Marcado con tiza de las dimensiones externas e internas de las pozas .....	<b>125</b>
<b>Ilustración 155</b> Poza de albañilería impermeabilizada para MP .....	<b>125</b>
<b>Ilustración 156</b> Poza de albañilería impermeabilizada para MC .....	<b>125</b>
<b>Ilustración 157</b> Poza de albañilería impermeabilizada para MY .....	<b>126</b>
<b>Ilustración 158</b> Muro Patrón asentado en su respectiva poza de albañilería .....	<b>126</b>
<b>Ilustración 159</b> Muro Yuca asentado en su respectiva poza de albañilería .....	<b>126</b>
<b>Ilustración 160</b> Muro Ceniza asentado en su respectiva poza de albañilería .....	<b>127</b>
<b>Ilustración 161</b> Muro Patrón sometido a inundación (se puede observar gran cantidad de espuma) .....	<b>127</b>
<b>Ilustración 162</b> Muro Yuca sometido a inundación (se puede observar agua clara en la parte derecha, en los demás contornos se generó espuma, pero en menor cantidad que el patrón) .....	<b>128</b>
<b>Ilustración 163</b> Muro Ceniza sometido a inundación (se puede observar agua con cierta cantidad de espuma, algo mayor al de la yuca) .....	<b>128</b>
<i>Ilustración 164</i> Cantidad de muestra ensayada para la realización del ATD .....	<b>151</b>
<i>Ilustración 165</i> Curva de Análisis Térmico Diferencial .....	<b>151</b>
<i>Ilustración 166</i> Resultados del ensayo de TGA .....	<b>151</b>
<i>Ilustración 167</i> Resultados del ensayo de fluorescencia de rayos X de la ceniza .....	<b>152</b>
<i>Ilustración 168</i> Composición química de la cáscara de yuca .....	<b>152</b>
<b>Ilustración 169</b> Carga máxima que resistió el murete Y3.....	<b>257</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Diseño de la investigación .....	73
Tabla 2 Unidades de muestreo .....	74
Tabla 3 Número de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión .....	76
Tabla 4 Cantidad de muestras para el ensayo de resistencia a la tracción .....	76
Tabla 5 Número de muestras para ensayo de tracción indirecta sobre mortero .....	77
Tabla 6 Cantidad de muestras para ensayo de Absorción de la humedad .....	77
Tabla 7 Cantidad de muestras para ensayo de succión de la humedad .....	78
Tabla 8 Número de muestras para ensayo de resistencia a la compresión en pilas .....	78
Tabla 9 Número de muestras para ensayo de resistencia a la tracción indirecta en muretes .....	79
Tabla 10 Número de muestras para ensayo de inundación de muros .....	79
Tabla 11 Operacionalización de variables .....	82
Tabla 12 Técnicas de investigación documental .....	85
Tabla 13 Ensayos por realizar .....	85
Tabla 14 Temperaturas a diferentes tiempos .....	91
Tabla 15 Temperatura y tamices aplicados en los antecedentes .....	95
Tabla 16 Porcentaje de pérdida al tamizar por la malla #30 .....	93
Tabla 17 Valores de alfa según el espesor del mortero y la relación de esbeltez de las unidades de adobe [29] .....	; 5
Tabla 18 Determinación de los pesos de cada unidad por ensayo .....	; 5
Tabla 19 Diseño de mezcla de las unidades de tierra reforzada .....	; 6
Tabla 20 Determinación de los pesos del mortero por unidad .....	; 8
Tabla 21 Determinación de los pesos de cada unidad para pilas y muretes por ensayo .....	; 9
Tabla 22 Diseño de mezcla de las unidades conformantes de pilares y muretes .....	100
Tabla 23 Medida de ancho, largo y alto de las caras externas e interna de las pozas .....	124
Tabla 24 Nomenclatura de muros (patrón, yuca y ceniza .....	124
Tabla 25 % de arcilla, limo y arena en el suelo d estudio .....	153
Tabla 26 Caracterización del agua .....	153
Tabla 27 Contenido de humedad de la muestra de tierra seleccionada .....	154
Tabla 28 Distribución granulométrica de la muestra de tierra seleccionada .....	154
Tabla 29 Curva granulométrica de la muestra de tierra seleccionada .....	155
Tabla 30 Resultados de los ensayos de límites líquido y plástico .....	155
Tabla 31 Límite de Atterberg de la muestra de tierra escogida .....	155
Tabla 32 Curva de fluidez de la muestra de tierra seleccionada .....	156
Tabla 33 Clasificación SUCS de la muestra de tierra seleccionada .....	156
Tabla 34 Peso específico de la muestra de tierra seleccionada .....	156
Tabla 35 Peso unitario suelto de la muestra de tierra seleccionada .....	157
Tabla 36 Peso unitario compactado de la muestra de tierra seleccionada .....	157
Tabla 37 Variación dimensional de las unidades sometidas a compresión .....	158
Tabla 38 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra control .....	158

<i>Tabla 39 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 40 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 41 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 42 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca.....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 43 Resumen de resultados del ensayo de compresión .....</i>	<i>160</i>
<i>Tabla 44 Variación dimensional de las unidades sometidas a tracción diametral .....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 45 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra control .....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 46 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 47 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 48 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 49 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 50 Resumen de resultados del ensayo de tracción diametral .....</i>	<i>163</i>
<i>Tabla 51 Variación dimensional de las unidades sometidas a absorción .....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 52 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra control .....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 53 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 54 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 55 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 56 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 57 Resumen de resultados de % de material perdido al someter a ensayo de absorción al bloque de tierra .....</i>	<i>166</i>
<i>Tabla 58 Variación dimensional de las unidades sometidas a succión .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 59 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra control .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 60 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 61 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>169</i>
<i>Tabla 62 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>149</i>

<i>Tabla 63 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<b>169</b>
<i>Tabla 64 Resumen de resultados de % de material perdido al someter a ensayo de succión al bloque de tierra .....</i>	<b>170</b>
<i>Tabla 65 Resumen de resultados de la altura de capilaridad .....</i>	<b>170</b>
<i>Tabla 66 Variación dimensional de las unidades sometidas a tracción indirecta en morteros .....</i>	<b>171</b>
<i>Tabla 67 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra control .....</i>	<b>172</b>
<i>Tabla 68 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<b>172</b>
<i>Tabla 69 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<b>172</b>
<i>Tabla 70 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<b>173</b>
<i>Tabla 71 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<b>173</b>
<i>Tabla 72 Resumen de resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero .....</i>	<b>174</b>
<i>Tabla 73 Variación dimensional de las unidades que se usarán para los ensayos en pilas, muretes y muros .....</i>	<b>175</b>
<i>Tabla 74 Alabeo de las unidades de fibra de cáscara de yuca, superficiales y de borde en la cara superior .....</i>	<b>175</b>
<i>Tabla 75 Alabeo de las unidades de fibra de cáscara de yuca, superficiales y de borde en la cara inferior .....</i>	<b>175</b>
<i>Tabla 76 Alabeo máximo en mm en la cara superior e inferior de las unidades de yuca .....</i>	<b>176</b>
<i>Tabla 77 Alabeo de las unidades de ceniza de fibra de cáscara de yuca superficiales y de borde en la cara superior .....</i>	<b>176</b>
<i>Tabla 78 Alabeo de las unidades de ceniza de fibra de cáscara de yuca, superficiales y de borde en la cara inferior.....</i>	<b>176</b>
<i>Tabla 79 Alabeo máximo en mm en la cara superior e inferior de las unidades de ceniza .....</i>	<b>177</b>
<i>Tabla 80 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas conformado por muestra patrón .....</i>	<b>157</b>
<i>Tabla 81 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas conformado por muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca.....</i>	<b>177</b>
<i>Tabla 82 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas conformado por muestra experimental de 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<b>178</b>
<i>Tabla 83 Resumen de resultados del ensayo de compresión de pilas .....</i>	<b>178</b>
<i>Tabla 84 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes conformado por muestra patrón .....</i>	<b>179</b>
<i>Tabla 85 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes conformado por muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca.....</i>	<b>160</b>

<b>Tabla 86 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes conformado por muestra experimental de 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca .....</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 87 Resumen de resultados del ensayo de compresión diagonal de muretes .....</b>	<b>160</b>
<b>Tabla 88 Resultados de la medición de ascenso por capilaridad (cm) y descenso por absorción (cm) del muro con 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</b>	<b>384</b>
<b>Tabla 89 Resultados del volumen absorbido durante el tiempo de vida del muro con 0.5% de fibra de cáscara de yuca.....</b>	<b>163</b>
<b>Tabla 90 Costo unitario del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal .....</b>	<b>164</b>
<b>Tabla 91 Costo unitario del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</b>	<b>386</b>
<b>Tabla 92 Costo unitario del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca.....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 93 Costo unitario del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal .....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 94 Costo unitario del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal .....</b>	<b>165</b>
<b>Tabla 95 Costo unitario del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca.....</b>	<b>388</b>
<b>Tabla 96 Costo unitario del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</b>	<b>166</b>
<b>Tabla 97 Costo unitario del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca .....</b>	<b>166</b>
<b>Tabla 98 Costo unitario del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca.....</b>	<b>389</b>
<b>Tabla 99 Costo unitario del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal .....</b>	<b>389</b>
<b>Tabla 100 Costo unitario del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</b>	<b>167</b>
<b>Tabla 101 Costo unitario del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca.....</b>	<b>168</b>
<b>Tabla 102 Comparación de la resistencia a la compresión según el % de lignina de fibras naturales .....</b>	<b>170</b>
<b>Tabla 103 Comparación de la resistencia a la tracción diametral según el grosor de fibras naturales .....</b>	<b>171</b>
<b>Tabla 104 Comparación de resistencia a la tracción diametral según tipo de fibra usada.....</b>	<b>171</b>
<b>Tabla 105 Comparación de la resistencia a la compresión de pilas según el tipo de estabilizador aplicado .....</b>	<b>172</b>

## LISTA DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1 Ecuación para calcular el contenido de humedad</i>	55
<i>Ecuación 2 Ecuación para calcular el porcentaje retenido en cada malla</i>	56
<i>Ecuación 3 Ecuación para el cálculo del límite líquido</i>	57
<i>Ecuación 4 Ecuación para el cálculo del límite plástico</i>	58
<i>Ecuación 5 Ecuación para calcular el índice de plasticidad</i>	59
<i>Ecuación 6 Ecuación para obtener el peso específico relativo</i>	50
<i>Ecuación 7 Ecuación para calcular el peso unitario seco suelto</i>	61
<i>Ecuación 8 Ecuación para calcular el peso unitario seco compactado</i>	61
<i>Ecuación 9 Ecuación para determinar la resistencia a la compresión</i>	64
<i>Ecuación 10 Ecuación para determinar la resistencia a tracción de las probetas.</i>	65
<i>Ecuación 11 Ecuación para la resistencia a la tracción indirecta del mortero</i>	66
<i>Ecuación 12 Ecuación para determinar el % de absorción</i>	67
<i>Ecuación 13 Ecuación para determinar el % de succión</i>	68
<i>Ecuación 14 Ecuación para la compresión admisible de la pila</i>	69
<i>Ecuación 15 Ecuación del esfuerzo admisible al corte del murete</i>	70

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Validación de ensayos de laboratorio .....	1: 0
Anexo 2 Peso unitario del suelo en estado natural .....	1: 1
Anexo 3 Ensayo peso específico relativo de sólidos (Gs)- Material que pasa la malla N°4 .....	1: 2
Anexo 4 Ensayo de humedad de muestra de suelo .....	1: 3
Anexo 5 Ensayo para el análisis granulométrico .....	1: 4
Anexo 6 Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo .....	1: 5
Anexo 7 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca) .....	3: 8
Anexo 8 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca).....	1: 7
Anexo 9 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca) .....	188
Anexo 10 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca).....	3; ;
Anexo 11 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca).....	1; 0
Anexo 12 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca) .....	191
Anexo 13 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca) .....	192
Anexo 14 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca) .....	1; 3
Anexo 15 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca) .....	194
Anexo 16 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca) .....	3; 7
Anexo 17 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca) .....	3; 8
Anexo 18 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca) .....	1; 7
Anexo 19 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca) .....	198
Anexo 20 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca) .....	1; 9
Anexo 21 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca) .....	200
Anexo 22 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca).....	421
Anexo 23 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca).....	422

<i>Anexo 24 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>423</i>
<i>Anexo 25 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>424</i>
<i>Anexo 26 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>425</i>
<i>Anexo 27 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>206</i>
<i>Anexo 28 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>427</i>
<i>Anexo 29 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>208</i>
<i>Anexo 30 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>209</i>
<i>Anexo 31 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>430</i>
<i>Anexo 32 Ensayo de resistencia de pilas a la compresión conformado por unidades con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>431</i>
<i>Anexo 33 Ensayo de resistencia de pilas a la compresión conformado por unidades con 10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca) .....</i>	<i>432</i>
<i>Anexo 34 Ensayo de resistencia de pilas a la compresión conformado por unidades con 10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca) .....</i>	<i>433</i>
<i>Anexo 35 Ficha de calibración de prensa de muretes PERUTEST-Parte 1.....</i>	<i>434</i>
<i>Anexo 36 Ficha de calibración de prensa de muretes PERUTEST-Parte 2.....</i>	<i>435</i>
<i>Anexo 37 Ficha de calibración de prensa de muretes PERUTEST-Parte 3.....</i>	<i>436</i>
<i>Anexo 38 Ensayo de resistencia de muretes a tracción diagonal conformado por unidades con 10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca) .....</i>	<i>437</i>
<i>Anexo 39 Ensayo de resistencia de muretes a tracción diagonal conformado por unidades con 10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca) .....</i>	<i>438</i>
<i>Anexo 40 Ensayo de resistencia de muretes a tracción diagonal conformado por unidades con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca).....</i>	<i>439</i>
<i>Anexo 41 Constancia de realización de ensayos en el laboratorio LEMS W&amp;C .....</i>	<i>240</i>
<i>Anexo 42 Ensayo de inundación simulada realizada en muro conformado por unidades de 10% de cal con 0.5% de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>221</i>
<i>Anexo 43 Calidad de agua que se usó para la elaboración de las muestras de barro .....</i>	<i>242</i>
<i>Anexo 44 Características físicas de la muestra de tierra seleccionada.....</i>	<i>243</i>
<i>Anexo 45 Ensayo de Análisis térmico diferencial ATD y Análisis termogravimétrico TGA en las cenizas de fibra de cáscara de yuca .....</i>	<i>224</i>
<i>Anexo 46 Curva TGA y ATD .....</i>	<i>245</i>
<i>Anexo 47 Ensayo de fluorescencia de rayos x .....</i>	<i>246</i>

<i>Anexo 48 Resultados del ensayo de fluorescencia de rayos x de la ceniza de fibra de cáscara de yuca</i> .....	247
<i>Anexo 49 Composición química de la fibra de la cáscara de yuca en 100g. de materia</i> .....	248
<b>Anexo 50 Colocación de los platos de compresión</b> .....	249
<b>Anexo 51 Pilas patrón</b> .....	249
<b>Anexo 52 Comienzo del ensayo a compresión de la pila 1</b> .....	249
<b>Anexo 53 Carga máxima que resistió la pila P1</b> .....	250
<b>Anexo 54 Carga máxima que resistió la pila P2</b> .....	250
<b>Anexo 55 Carga máxima que resistió la pila P3</b> .....	250
<b>Anexo 56 Carga máxima que resistió la pila P4</b> .....	250
<b>Anexo 57 Carga máxima que resistió la pila P5</b> .....	250
<b>Anexo 58 Carga máxima que resistió la pila P6</b> .....	250
<b>Anexo 59 Estados de falla de las pilas P1, P2, P3, P4, P5 y P6, donde se usa la siguiente nomenclatura para describir sus fallas t: tracción, a: aplastamiento, ta: tracción y aplastamiento (t, t, ta, a, t, t)</b> .....	251
<b>Anexo 60 Carga máxima que resistió la pila Y1</b> .....	251
<b>Anexo 61 Carga máxima que resistió la pila Y2</b> .....	251
<b>Anexo 62 Carga máxima que resistió la pila Y3</b> .....	251
<b>Anexo 63 Carga máxima que resistió la pila Y4</b> .....	252
<b>Anexo 64 Carga máxima que resistió la pila Y5</b> .....	252
<b>Anexo 65 Carga máxima que resistió la pila Y6</b> .....	252
<b>Anexo 66 Estados de falla de las pilas Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 y Y6 (t, a,t, ta, ta, t)</b> .....	252
<b>Anexo 67 Carga máxima que resistió la pila C1</b> .....	252
<b>Anexo 68 Carga máxima que resistió la pila C2</b> .....	253
<b>Anexo 69 Carga máxima que resistió la pila C3</b> .....	253
<b>Anexo 70 Carga máxima que resistió la pila C4</b> .....	253
<b>Anexo 71 Carga máxima que resistió la pila C5</b> .....	253
<b>Anexo 72 Carga máxima que resistió la pila C6</b> .....	253
<b>Anexo 73 Estados de falla de las pilas C1, C2, C3, C4, C5 y C6, (t, t, ta, t, t, a, t)</b> .....	254
<b>Anexo 74 Proceso de cargado de muretes</b> .....	254
<b>Anexo 75 Aplicación de carga manual hecha por el tesista</b> .....	255
<b>Anexo 76 Carga máxima que resistió el murete P1</b> .....	255
<b>Anexo 77 Carga máxima que resistió el murete P3</b> .....	255
<b>Anexo 78 Carga máxima que resistió el murete P4</b> .....	255
<b>Anexo 79 Carga máxima que resistió el murete P5</b> .....	256
<b>Anexo 80 Carga máxima que resistió el murete P6</b> .....	256
<b>Anexo 81 Estados de falla de los muretes P1, P2, P3, P4, P5 y P6, donde se usa la siguiente nomenclatura para describir sus fallas e: escalonada, a: aplastamiento, d: diagonal y rotura (a, r, e, a, a, a)</b> .....	256
<b>Anexo 82 Carga máxima que resistió el murete Y1</b> .....	257
<b>Anexo 83 Carga máxima que resistió el murete Y2</b> .....	257
<b>Anexo 84 Carga máxima que resistió el murete Y4</b> .....	257
<b>Anexo 85 Carga máxima que resistió el murete Y5</b> .....	257

Anexo 86 Carga máxima que resistió el murete Y6 .....	257
Anexo 87 Estados de falla de los muretes Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 y Y6, (a, a, m, a, m, a).....	258
Anexo 88 Carga máxima que resistió el murete C1 .....	258
Anexo 89 Carga máxima que resistió el murete C2 .....	258
Anexo 90 Carga máxima que resistió el murete C3 .....	258
Anexo 91 Carga máxima que resistió el murete C4 .....	259
Anexo 92 Carga máxima que resistió el murete C5 .....	259
Anexo 93 Carga máxima que resistió el murete C6 .....	259
Anexo 94 Estados de falla de los muretes Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 y Y6, (a, m, m, m, a, m) .....	259
Anexo 95 Batido del tarrajeo PACASMAYO.....	260
Anexo 96 Colocación de la primera hilada de ladrillos, comprobando su verticalidad con el nivel de mano .....	240
Anexo 97 Preparación de la mezcla del impermeabilizante Chema Seal (Según especificaciones del producto).....	240
Anexo 98 Aplicación del impermeabilizante parado a través de brocha en las caras internas de las pozas .....	261
Anexo 99 Pintura de esmalte sintético premium Vencenamel .....	261
Anexo 100 Elaboración de la cartilla de mira con esmalte Vencenamel .....	261
Anexo 101 Materiales a aplicar para la elaboración del muro (mezcla de barro, cal, fibra y ceniza), baldes de agua, bloques de tierra, entre otros.....	262
Anexo 102 Remojo de las unidades de adobe durante 15 a 30 segundos para evitar que la unidad absorba humedad del mortero.....	262
Anexo 103 Colocación del mortero lateral en una de las caras del adobe después de remojarlo.....	262
Anexo 104 Colocación del bloque con el mortero en su respectiva hilada .....	263
Anexo 105 Primera hilada del muro patrón .....	263
Anexo 106 Primera hilada del muro yuca.....	263
Anexo 107 Primera hilada del muro ceniza .....	264
Anexo 108 Capacidad de tina: 40L.....	264
Anexo 109 Capacidad de tina: 25L.....	264
Anexo 110 Preparación de tinajas para el ensayo de inundación .....	265
Anexo 111 Alta presencia de espuma (pasado 10 minutos) .....	265
Anexo 112 Desmoronamiento repentino del muro patrón (a los 29 minutos).....	265
Anexo 113 Estado de las unidades del muro patrón después del volteo .....	266
Anexo 114 Estado lodoso de la unidad de adobe del muro desmoronado.....	266
Anexo 115 Elementos a utilizar para el ensayo a inundación del muro yuca .....	266
Anexo 116 Proceso de vertido de agua (con balde de 6.5L) dentro de la poza de albañilería .....	267
Anexo 117 Medición de la altura de capilaridad dado en el muro yuca (Uso de las líneas hecho con tira líneas y tizas de diferentes colores cada 5 centímetros) .....	267
Anexo 118 Medición de la altura de descenso con la cartilla de 30 cm de alto. ....	268

<b>Anexo 119 Continuación del proceso de medición de capilaridad (cada 5 minutos y 10 minutos) .....</b>	<b>268</b>
<b>Anexo 120 Pasado 1 hora 22 minutos el muro yuca seguía estable.....</b>	<b>269</b>
<b>Anexo 121 Desmoronamiento repentino del muro yuca .....</b>	<b>269</b>
<b>Anexo 122 Comprobación de las unidades de yuca (internamente) .....</b>	<b>269</b>
<b>Anexo 123 Comienzo de la inundación del muro ceniza.....</b>	<b>270</b>
<b>Anexo 124 Aparición de espuma repentinamente .....</b>	<b>270</b>
<b>Anexo 125 Volcamiento del muro pasado 10 minutos .....</b>	<b>271</b>
<b>Anexo 126 Estado de las unidades ceniza (partidos por la mitad para observar su núcleo) .....</b>	<b>271</b>

## Resumen

La aplicación de desechos agrícolas o químicos eficientes en los bloques de tierra reforzada ha sido y es extensa, pues se busca incrementar su resistencia ante fuerzas externas y ante la erosión fluvial. Uno de los residuos agrícolas que han sido implementados en la mampostería de tierra cruda es la fibra de cáscara de yuca, la cual absorbe menor el agua con la desventaja de no aportar resistencia mecánica. Como solución ante esta problemática está la cal, la cual ha sido investigada que a cantidades límites puede llegar a aportar resistencias mecánicas favorables. Es por eso que, en la siguiente investigación se busca analizar el comportamiento mecánico y su resistencia al agua de los bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con diferentes porcentajes de fibra de cáscara de yuca. Para ello, se buscó el lugar de tierra adecuada, según la E-080, resultando encontrarse en Guanabal en base a los ensayos hechos en campo y laboratorio. Es así cómo, se elaboró el diseño de mezcla de la unidad de bloque propuesta con 10% de cal y reemplazo parcial de tierra con 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de las propiedades de los bloques de tierra. Después de los ensayos realizados, se determinó el porcentaje óptimo de fibra que presentó las mejores propiedades en el aspecto físico y mecánico. En base a este, se reemplazó al mismo valor, pero con ceniza de fibra y se comparó si la ceniza o fibra resulta ser la más óptima de ser aplicado en los bloques. Se realizó los ensayos de compresión en pilas, tracción indirecta en muretes y resistencia a la inundación simulada de muros en base a estas dos unidades y a la muestra patrón, en donde se determinó que las cenizas proveen mejores propiedades mecánicas superiores frente a la fibra de cáscara de yuca (ligeramente superior), no obstante respecto a la inundación simulada, esta última resultó superior, por lo que se busca promover su uso en los bloques, teniendo en cuenta su sinterización, tema que serviría para otras investigaciones.

**Palabras clave:** bloques de tierra, cal, cáscara de yuca, propiedades físico-mecánicas

### Abstract

The application of agricultural waste or efficient chemicals in reinforced earth blocks has been extensive and continues to be so, aiming to increase their resistance to external forces and fluvial erosion. One of the agricultural residues that has been implemented in raw earth masonry is cassava peel fiber, which absorbs less water but does not contribute to mechanical strength. Lime has been investigated as a solution to this problem, and it has been found that at optimal quantities, it can provide favorable mechanical properties.

In this research, the goal is to analyze the mechanical behavior and water resistance of stabilized earth blocks reinforced with different percentages of cassava peel fiber and lime. To do this, the appropriate soil location was identified according to the E-080 standard, which was found in Guanabal based on field and laboratory tests. A block mix design was then developed with 10% lime and partial soil replacement with 0.5%, 1%, 1.5%, and 2% cassava peel fiber for testing the properties of the earth blocks.

After conducting the tests, the optimal fiber percentage that exhibited the best physical and mechanical properties was determined. Based on this, the same value was replaced with fiber ash to compare whether ash or fiber is more optimal for application in the blocks. Compression tests on piles, indirect tensile tests on small walls, and simulated flood resistance tests on walls were conducted on these two units and a control sample. The results indicated that ash provides slightly superior mechanical properties compared to cassava peel fiber. However, in terms of simulated flood resistance, cassava peel fiber proved to be superior. Therefore, the use of cassava peel fiber in blocks is promoted, considering its sintering process, a topic that would benefit from further research.

**Keywords:** Cassava peel, lime, earth blocks, physico-mechanical properties.

## Introducción

Los bloques de tierra son uno de los materiales de construcción que han sido empleados en gran magnitud en la antigüedad pero que en la actualidad ha ido perdiendo su aplicabilidad, aun así es destacable resaltar sus ventajas económicas y ambientales frente a otros contemporáneos como el concreto, ladrillos y areniscas son considerables [1]. Además, su disponibilidad física es alta [2], así como su restitución a la naturaleza, lo que lo convertiría en materiales reciclables frente a sus contemporáneos. Aun así, al elaborar adobes convencionales, sus propiedades mecánicas y físicas no son las más eficientes, esto se debe a que los bloques de tierra son muy porosos, sumándole también a que su aplicación se da en zonas de bajos recursos, surge la necesidad de buscar materiales alternativos que sean económicamente factibles y técnicamente aporten a la estabilidad del adobe en materia de su comportamiento mecánico y su resistencia ante la erosión del agua.

Una de las vertientes con alta investigación para la elaboración de las unidades de mampostería de tierra cruda, es el uso de fibras de diferentes plantas o frutas (avena, trigo, cebada, arroz, piña, plátano) [3], no olvidando que éstas deben ir acompañadas con estabilizadores químicos como la cal, el cemento o mezclas asfálticas para asegurar un buen comportamiento mecánico en los bloques [4]. Sin embargo, existen pocas investigaciones a nivel internacional respecto a la aplicación de la fibra de la cáscara de yuca como reforzador del adobe, la única investigación en la que se trabaja con la cáscara de yuca es la realizada por Villamizar et al. [4], en donde describe el proceso llevado a cabo para emplear la ceniza de carbón como estabilizador químico y la cáscara de yuca con una relación de fibra definida. Además, Humphrey et al. [5] en su trabajo menciona que las relaciones de fibra (relación longitud – diámetro) en las fibras naturales pueden mejorar o empeorar las propiedades físico-mecánicas del adobe dependiendo del tipo de fibra que se use. En base a lo investigado, en la siguiente investigación se busca analizar la variación de las propiedades de absorción de humedad, succión a la humedad, altura de capilaridad, resistencia a la compresión y tracción de las muestras de adobe reforzadas con fibras de cáscara de yuca en porcentajes de reemplazo de tierra al 0.5%, 1%, 1.5% y 2% estabilizadas con 10% de cal. La cantidad de cal definida se hace en base a lo realizado por [6], en donde la muestra de adobe con arcilla y limo en porcentajes reducidos después de 28 días de secado al sol, incrementa hasta 25 veces (16.5 Mpa) la resistencia a cargas compresoras alcanzada por la muestra sin estabilizador químico alguno (0.64 MPa), llegando a superar el 1 Mpa dado en la E.080-Tierra Reforzada.

Por otra parte, la cáscara de yuca resulta incinerada o depositada en botaderos o lugares no aptos [7]. Por ello como medida de mitigación a su impacto ambiental, se busca emplearla como fibra en adobe, para aportar a futuras investigaciones si su aplicabilidad es beneficiosa o no al estar presente en las unidades de tierra reforzada.

Así también las propiedades que se desean conseguir en los bloques de tierra, va determinada sustancialmente por la proporción de arenas, limos y arcillas, así también el tipo de estabilizador químico o fibra va determinado al tipo específico de muestra de tierra que se seleccione para la producción masiva de adobes.

El problema generado por la inadecuada gestión en el tratamiento de los residuos causa muchos prejuicios al medio ambiente. Uno de los casos más considerables, es el desecho de residuos agrícolas como la yuca, el cual se ha visto factible su empleabilidad en el tratamiento de aguas residuales [8]. En el campo ingenieril, se ha identificado que las cáscaras de yuca disminuyen la capacidad de absorción de humedad de la tierra reforzada, lo cual ayudaría a combatir altas precipitaciones pluviales, así también se busca determinar si su variación porcentual respecto al peso de tierra favorece o perjudica sus propiedades mecánicas, es decir su resistencia ante fuerzas externas, y su resistencia al agua, es decir su capacidad de absorción y succión de las muestras de adobe estabilizados. Frente a lo anteriormente dicho se formula la siguiente interrogante: ¿Las fibras de cáscara de yuca al ser implementadas como reforzadores naturales en diferentes porcentajes en los bloques de tierra reforzada estabilizados con 10% de cal perjudican o mejoran sus propiedades físico-mecánicas?

Existe poca investigación respecto a la aplicación de la cáscara de yuca en los bloques de tierra reforzadas. Lo trabajado por Villamizar et al. [4], indica que toda fibra natural implementado en los bloques de tierra reforzada deben ir acompañados de un estabilizador químico, él empleó ceniza de carbón. En la investigación presente, se evaluará el comportamiento mecánico y su resistencia ante la erosión del agua de los bloques de tierra estabilizados con 10% de cal acompañada de diferentes porcentajes de reemplazo de fibra de las cáscaras de yuca.

La justificación económica de la presente investigación se da porque la producción de bloques de tierra reforzada sería rentable económicamente debido a la alta disponibilidad de cáscaras de yuca a nivel nacional y que sería utilizado por pobladores de bajos recursos, el cual resultaría efectivo de acuerdo con la cantidad porcentual que se busque aplicar.

En el aspecto ambiental se buscará reducir de manera significativa los daños ambientales generados por la inadecuada disposición como desecho de la cáscara de yuca, al darle una segunda vida útil como refuerzo del adobe [9].

Como justificación técnica, la aplicación de desechos agrícolas como la cáscara de yuca como refuerzos naturales mejorarían significativamente las propiedades del adobe al reducir su capacidad de absorción y de succión [4]. Así como se evidenció en los ensayos de absorción realizados por Villamizar, donde los bloques de tierra con cáscara de yuca disminuían en 5.47% su absorción frente a las unidades convencionales.

Socialmente hablando, al reducir la proliferación de dióxido de carbono y la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, incrementa de manera significativa el confort de la sociedad en general, lo que promovería una cultura de reciclaje al hacer uso de desechos agrícolas en la elaboración de materiales asequibles de la construcción, como es el caso de bloques de tierra reforzada.

### ***Objetivos***

Así es como se propone los siguientes objetivos para el desarrollo del proyecto, que dará respuesta a la pregunta planteada en el problema formulado. Por lo tanto, se tiene como **objetivo general**: Analizar las propiedades físico mecánicas de unidades de adobe estabilizados con cal y diferentes porcentajes de reemplazo de la fibra de cáscara de yuca y para cumplir con su realización, los siguientes **objetivos específicos**: Analizar las propiedades de absorción y succión, resistencia a la compresión y tracción de muestras de bloques de tierra estabilizados con cal respecto a su peso total y reforzadas con fibras de cáscara de yuca con diferentes porcentajes de reemplazo respecto a la tierra. Analizar las propiedades de la resistencia a la compresión y tracción indirecta de los pilares y muretes conformados por las unidades de adobe propuestas con las mejores propiedades. Analizar la altura de capilaridad, % de absorción y tiempo de desmoronamiento de los muretes con las unidades de adobe que presenten las mejores propiedades. Analizar las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra reforzadas con cenizas de cáscara de yuca con la unidad de adobe que presente las mejores propiedades con la fibra de cáscara de yuca. Realizar el análisis de precio unitario de un adobe convencional frente a los bloques de tierra con las mejores propiedades obtenidas.

## **Revisión de literatura**

### ***Antecedentes***

Existen pocas investigaciones relacionadas con la aplicación de la cáscara de yuca en la estabilización de adobes. Se mencionará la investigación realizada por Villamizar et al. [4], así como las investigaciones en las que se menciona el uso de las cenizas como estabilizadores en las propiedades de los bloques de tierra reforzada y el uso de la cal como estabilizador del adobe.

### **Internacionales**

Villamizar et al. [4] indican que en Colombia la construcción con tierra es un medio económico para resolver problemas de viviendas que presentan una menor demanda de recursos. Los bloques de tierra comprimida (CEB's) se presentan como elementos de construcción innovadores y ecológicos, al poseer bajo consumo de energía y estar presentes en todos lados y su simplicidad en su proceso de producción. Por ello, en la investigación realizaron muestras de bloques de tierra comprimida usando suelo rico en arcilla (87.8 % de arena, 13.63% de partículas finas y 1.57% partículas de grava) sin cenizas de carbón y estabilizados con ceniza de carbón (a proporciones de 0%, 5%, 7.5% y 10%), en una máquina hidráulica Cinva-Ram. Así también se introdujo las cáscaras de yuca (a proporciones de 0, 2.5 y 5% secadas al sol durante 3 días para eliminar el ácido cianhídrico, el cual es un componente toxico para los seres humanos) con una relación de fibra de 6.7 (50 milímetros de largo sobre 2.5 milímetros de ancho). Las muestras fueron ensayadas para observar su desempeño en su capacidad de resistir ante cargas traccionantes y compresoras, y absorción a la humedad. Como resultados, se observó que los bloques estabilizados con cenizas de carbón obtuvieron mejores resultados con una dosis menor o igual al 5%, lo contrario con porcentajes superiores provocando muestras flexibles y frágiles. Así también, el agregar cáscaras de yuca disminuyen la absorción de humedad de las muestras.

Malkanathi et al. [6], buscó encontrar una combinación idónea entre la cal y el cemento en una CSEB (Compressed Stabilized Earth Block-Bloque de tierra comprimida y estabilizada) con porcentajes bajos de limo y arcilla. Se usó arena de río para cambiar el porcentaje de limo y arcilla (5, 10 y 15%) estabilizados con cal (5, 10 y 15%). Los ensayos realizados fueron densidad seca, absorción de agua y resistencia a la compresión en estado seco y húmedo a los 28 días de secado. Así también se prepararon bloques con cemento (8 y 10%). Se demostró que

la cal por sí sola no garantiza propiedades adecuadas como lo solicita la SLS 1382. De los porcentajes de cal establecidos, se determinó que el 10% brinda valores mayores, por lo que se reemplazó cierto porcentaje del 10% con 3,5 y 7 % de cemento. Los valores más altos se obtuvieron con bloques de 10% de limo y 15% arcilla con 5% de cal y 5% de cemento y bloques de 5% de limo y 5% arcilla con 3% de cal y 7% de cemento.

Fouyatan et al [10], indican que los materiales convencionales en la construcción como el cemento y los agregados o áridos, resultan más costosos con el tiempo, por sus fases de proceso, producción y transporte. Debido a ello se busca implementar materiales disponibles localmente, como lo es la ceniza de cáscara de yuca. Se estudió el reemplazo del Cemento Portland en 5, 10, 20 y 25% con reemplazo de esta ceniza. La cáscara de yuca se obtuvo al ser incinerada a un intervalo de 10°C por minuto hasta lograr los 700°C (1 hora con 9 minutos) y esta temperatura se mantuvo durante 6 horas. Así también se tamizaron y se descartaron las cenizas retenidas en el tamiz de 0.6 mm (N°30). Se observó que la ceniza presenta una alta cantidad de sílice, alúmina y óxido cálcico, llegando a ser la suma de todos estos superior al 70% del total de sus compuestos químicos. Se observa, que la durabilidad y resistencia al ácido sulfúrico mejora considerablemente al reemplazar el cemento al 10% de la ceniza de cáscara de yuca. Se recomienda el uso de concreto hecho con ceniza en trabajos de construcción livianos, donde la alta resistencia no es importante, pero sí lo es la durabilidad.

### **Nacionales**

Salar Ruiz [10], indica que la mayoría de construcciones de Latinoamérica están conformados por albañilería confinada por cuestiones económicas. Identificó que el 55,8% de viviendas particulares tienen como material predominante de sus edificaciones el ladrillo o bloques de cemento. Se busca analizar el reemplazo del cemento en un porcentaje de 10 y 20% por ceniza de cáscara de yuca (CCY). Se recolectó en total, 30 kilos de cáscara de yuca y fueron sometidos a 300°C al horno durante 4 horas. Se observó que conforme aumentaba la aplicación de las cenizas disminuía la resistencia a la compresión, la muestra patrón consiguió 276.17 kg/cm<sup>2</sup>; con adición del 10% del CCY, 101.43 kg/cm<sup>2</sup> y 20% CCY, 71.17 kg/cm<sup>2</sup>. Así también en el ensayo de reactividad álcali, se concluyó que las cenizas son un material inocuo y es apto su uso como agregado.

Jonathan et al. [11], evaluaron y compararon técnicamente las propiedades de bloques de tierra convencionales “patrón” y los adicionados con “Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar” (CBCA) en el centro poblado de Tambar-Moro, se aplicó en 5,10 y 15 % en relación con el peso de la

tierra. Respecto a lo mínimo recomendado por la E-080 la adición de 10% del CBCA brinda un mejor comportamiento mecánico en los bloques de tierra convencionales.

Malpartida et al. [12] realizaron muestras de adobe estabilizados con cáscara de yuca al 3, 5 y 7% (las cáscaras se cortaron en pequeños pedazos, no especificados, después fueron lavados y finalmente licuados con presencia de agua para aportar cohesión al adobe) donde posteriormente fueron ensayadas a la compresión, tracción y absorción de humedad, obteniendo resistencias crecientes conforme se aumentaba la proporción de las cáscaras de yuca.

### **Locales**

Valera [13], añadió fibras de viruta de eucalipto y tornillo a los bloques de tierra convencionales, en donde concluyó que la inclusión del 3% de tornillo brindó notables mejoras en su resistencia a las cargas compresoras hasta 36.14% y el 2% de viruta mejoró 63.74% respecto al adicional. Sin embargo, ambas virutas presentaron valores muy altos de absorción, lo que significa que su resistencia disminuiría ante la presencia de humedad.

López et al. [14], comparó el comportamiento mecánico y físico de las unidades de tierra cruda (especímenes de 10x10x10 cm para compresión y de 27x15x8 para tracción y absorción) reforzados con fibras de coco (0, 2, 3 y 4 % con respecto al peso seco del suelo) de acuerdo con la E-080 Diseño y construcción con tierra reforzada en Chiclayo. Las fibras de coco se extrajeron de la cáscara de coco (mesocarpio) con ayuda de un desarmador punta plana, y en caso la cáscara esté demasiado dura se sumergió en agua para ablandarla, de esta manera las fibras de coco resultaron de gran proporción, para darles la forma de pajas se cortaron con tijeras a un tamaño de 2 a 3 cm. Los resultados obtenidos son que la resistencia a la carga compresora más destacable es con 3% de fibra de coco logrando ser 108.8% de la muestra de adobe convencional, caso similar pasa con el ensayo de tracción, donde 3% de fibra consigue un valor de 8.5 kg/cm<sup>2</sup> frente a 4.3 kg/cm<sup>2</sup> y de la misma manera en tracción, consiguiendo 29.35% frente a la mezcla patrón de 1.84 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo tanto, se concluye que el porcentaje adecuado de fibra de coco es el del 3%.

Óscar [15], buscó determinar la resistencia de tierra reforzada estabilizada con mucílago de cactus para efectos de lluvia. Al mucílago se le extrajo sus espinas para ser lavado posteriormente. Después se cortó en pequeños pedazos, los cuales fueron colocados en una cubeta de agua de 19 litros expuesta a 24 horas en temperatura ambiente. Después se le agregó etanol para realizar el precipitado (baba de cactus). Una segunda filtración se realizó con un solvente a 70°C por 16 horas y finalmente, se molió el mucílago seco hasta conseguir un polvo blanquecino fino. Tras un proceso de caracterización se llegó a determinar que el mucílago,

poseía un pH de 4.4 (casi ácido), una densidad de 1.114 gr/ml y una viscosidad de 2.75 dl/gr. Los resultados obtenidos, indican que 3% del mucílago aporta 21.78% de carga límite adicional y una resistencia a la lluvia simulada del 100%.

### ***Bases teóricas***

#### ***Definición de términos básicos***

##### ***Adobe***

Unidad de mampostería de tierra cruda al que se le puede agregar arena gruesa o paja de algún vegetal para brindarle mayor durabilidad y resistencia. Las características granulométricas, para el tipo de suelo respecto a su composición debería ser arcilla entre 10 a 20%, limo entre 15 y 25% y arena en 55 a 75% [16].

##### ***Propiedades mecánicas***

##### **Regeneración**

Al ser compuestos por tierra y estar a la intemperie ambiental, se reintegran fácilmente al suelo o lugar de origen, una vez que la vivienda haya cumplido su tiempo de vida útil. Caso contrario sucede con el cemento y ladrillo, los cuales al ser expuestos como desechos causan impactos ambientales de gran magnitud [17].

##### **Resistencia al desgaste por precipitación fluvial**

Característica de los adobes que consiguen con el uso de refuerzos naturales al soportar las precipitaciones fluviales sin modificar su funcionalidad [18].

##### ***Composición del adobe***

##### **Arcilla**

Material importante en la elaboración del adobe, pues al estar en presencia de agua, puede ser amasado y tener un estado plástico (mayor trabajabilidad), aquello permite la cohesión con las demás partículas del suelo formando barro. Cuando se seca se obtiene un material consistente para la construcción. Sus partículas deben ser inferiores a 0.002 mm. Su porcentaje debe ser del 10 al 20% [19].

**Limo**

Elemento inerte que se estabiliza cuando está en presencia de agua, no brinda cohesión a la mezcla y sus partículas están entre 0.002 y 0.008 mm. Su porcentaje debe ser del 15 al 25% [19].

**Arena fina**

Se vuelve estable al estar en presencia de agua, pero no brinda cohesión a la mezcla, sus partículas están entre 0.008 y 0.05 mm. Su porcentaje debe ser del 55 al 70% [19].

**Arena gruesa**

Se vuelve estable al estar en presencia de agua, pero no brinda cohesión a la mezcla, sus partículas están entre 0.05 y 4.75 mm. Brinda una estructura granular a la mezcla, lo que la hace resistente en el tiempo de secado.

**Agua**

Ayuda a la hidratación de las muestras y contribuye a su trabajabilidad. La cantidad de agua para la trabajabilidad debe ser superior a la de hidratación. El agua usada debe poseer lo mínimo en cuanto a contenidos de carbohidratos y sulfatos.

**Aditivos naturales**

Proviene de la naturaleza, pueden ser vegetales, cáscaras de fruta o raíces: paja de trigo, cáscara de cebada, tallo de habas, cáscara de yuca, fibras de plátano, de bagazo de azúcar entre otros. Se caracterizan por mejorar las propiedades tanto físicas, como mecánicas de los adobes reforzados.

**Fibras de refuerzo**

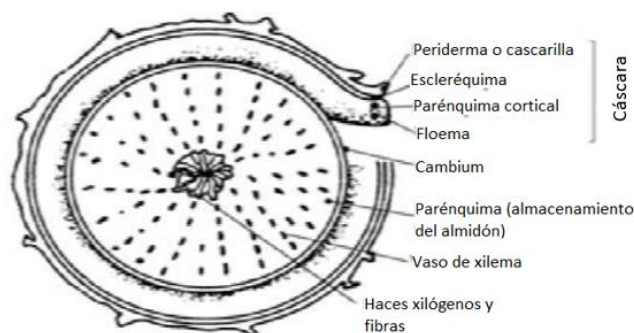
Pueden incrementar la resistencia, impiden la variación volumétrica cuando las muestras se secan, controlan la erosión e impiden el crecimiento de insectos y optimizan la resistencia a la humedad.

**Cáscara de yuca**

Desecho agrícola con alto contenido de carbohidratos solubles [4] que impermeabiliza los bloques de tierra, es decir disminuye su capacidad a la absorción, convirtiéndolos en materiales resistentes al agua.

La yuca como tubérculo está compuesta por diferentes tipos de tejidos en su interior, los que son de vital interés para la siguiente investigación son el periderma o cascarilla, el esclerénquima o parénquima cortical y el floema (todos ellos conforman lo que se conoce comúnmente como cáscara). Todos estos tejidos vienen a conformar del 20 al 35% el peso total de la yuca sin pelar [20].

*Ilustración 1 Tejidos de la yuca [19]*



### **Aditivos químicos**

Son aquellos que brindan elevadas resistencias mecánicas a los adobes convencionales, pueden ser: cal, cemento, betún o mezclas asfálticas.

### **Cal hidratada**

La cal ha sido usada desde hace más de 10 000 a.C. sus propiedades principales son que: retienen el agua y brindan plasticidad. Las cales hidratadas pueden ser calcáreas, dolomíticas monohidratadas y dolomíticas di hidratadas. Las calcáreas poseen menos de 2% de óxido de magnesio y las dolomíticas entre 25 y 40 % de MgO.

La cal reacciona con la arcilla de dos maneras, la primera iónica donde los cationes sobrantes dados por la cal saturan a las moléculas de arcilla, floculan el suelo e intercambian el calcio con otros cationes de la arcilla. Debido a ello, la plasticidad se reduce y la trabajabilidad del suelo mejora considerablemente y las variaciones volumétricas provocadas por la humedad son menos considerables. La otra reacción es la puzolánica, que se da por la interacción de minerales de cuarzo de los limos.

## *Fabricación de las muestras*

### **Selección del suelo**

Deberá cumplir con las indicaciones dadas arriba respecto al contenido de limo, arcilla y arenas que debe poseer.

### *Prueba de campo*

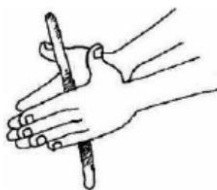
Ensayos realizados in situ sin uso de herramientas, con el fin de determinar si el tipo de tierra obtenido es el adecuado para elaborar las unidades de tierras.

### **Prueba de cinta de barro**

Se selecciona una muestra (de barro) con cierta humedad para elaborar un cilindro de 12 mm de diámetro, al tenerla en la mano se aplana entre el dedo pulgar y el dedo índice, hasta formar una barra de 4 mm de espesor. Si la cinta alcanza 20 a 25 cm de longitud, entonces es arcilloso, si alcanza 10 cm o menos, posee poca cantidad de arcilla. El tiempo del ensayo es de 10 minutos [21].



*Ilustración 2 Rollito de tierra de 10 cm (Poca arcilla)*

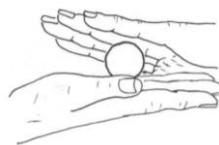


*Ilustración 3 Rollito de tierra de 25 cm (Bastante arcilla)*

### **Prueba de resistencia seca**

Se elaboran 4 bolitas de 2cm de diámetro con misma muestra de suelo, se le adiciona la cantidad necesaria de agua para formar bolitas con las palmas de las manos sin que muestren alguna deformación a la vista, después se dejan secar durante 48 horas, finalmente se presionan fuertemente las 4 con el dedo pulgar y el índice. En caso se rompa o agriete al menos una de las 4, se vuelve a formar otras 4 con el mismo material y dejándose secar a las mismas

condiciones. Si se vuelve a agrietar una vez probado las bolitas, no se debe considerar lo dado en esa cantera, si no sucede ningún agrietamiento se puede trabajar con dicha cantera [21].



*Ilustración 4 Formación de las 4 bolitas de arcilla*



*Ilustración 5 Prueba de validación de las 4 bolitas de arcilla*

### **Hidratación previa**

Se hidrata el suelo, saturándolo y dejándolo reposar por 1 o 3 días antes del moldeo. Este procedimiento aumenta la trabajabilidad, disminuye las grietas durante el proceso secado. Se saturan las arcillas y se eliminan los terrones.

### **Preparación del barro**

#### **Mezclado**

Se puede hacer de manual o mecánicamente, dependiendo si se dispone de equipo o material de obra [22].

#### **Moldeo**

Se usan moldes con o sin fondo, de usarse sin fondo, se coloca arena en el suelo para evitar que el barro quede pegado a la superficie, de usarse con fondo se logrará una mayor compactación. El tiempo secado depende del clima llegando a ser de 2 a 4 semanas.

Si es caluroso, el ambiente, se dejarán las unidades a la sombra en los primeros 2 días para evitar un secado áspero que cause agrietamiento [22]. Una vez pasado 3 a 5 días a la intemperie se debe voltear en canto para garantizar un secado uniforme.

#### **Secado y almacenamiento**

El área de secado debe ser nivelada, limpia y amplia para acoger las unidades de adobe varios días. Se colocará encima de ella, arena fina para evitar el pegado entre el suelo y el adobe.

### ***Pruebas de laboratorio***

Ensayos en laboratorio para determinar las características ingenieriles de la tierra a seleccionar para la elaboración de los adobes.

#### ***Cuarteo (NTP 339.089)***

Se realiza con el propósito de obtener muestras representativas para la realización de los demás ensayos.

##### **○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

1. Mortero con mazo para moler.
2. Pala, cucharón o badilejo.
3. Varilla metálica.
4. Superficie regular y de no presentar, lona de 2m x 2.5m.

##### **○ PROCEDIMIENTOS**

- a. Tal y como se recibió o recogió la muestra, se deja secar al aire extendiendo la muestra en una superficie plana horizontal.
- b. Posterior a ello se desmenuza, deshaciendo los terrones con el mortero.
- c. Se mezcla bien todo el material y se forma una pila cónica, realizado el mismo proceso 4 veces.
- d. Se aplana la pila hasta darle una base circular y espesor uniforme, presionando la pala hacia abajo. El diámetro debe ser de 4 a 8 veces el espesor.
- e. Se divide en 4 partes iguales, de estos se separan dos cuartos diagonalmente opuestos. Terminar la operación hasta obtener la cantidad requerida.

#### ***Contenido de Humedad (NTP 339.127)***

Se busca conocer la cantidad de agua del suelo, en relación con su peso seco.

##### **○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

1. Horno regulable a  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
2. Balanza con aprox. de 0.01 gr.
3. Charolas
4. 2 cápsulas de aluminio
5. Una espátula de hoja flexible de 75 mm de longitud y 20 mm de ancho

### ○ PROCEDIMIENTOS

- a. Se pesan las cápsulas de aluminio seleccionadas anteriormente.
- b. Se colocan las muestras en las cápsulas hasta  $\frac{3}{4}$  de su capacidad.
- c. Se registra el peso de la cápsula más la muestra húmeda.
- d. Se colocan las cápsulas con las muestras en el horno a  $110^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.
- e. Después del tiempo establecido, se retiran del horno y se dejan a temperatura ambiente.
- f. Pesar y tomarte apuntes del peso de la cápsula más la muestra seca.
- g. Se calcula el contenido de humedad y se obtiene el promedio de las dos cápsulas.

### ○ CÁLCULO

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

*Ecuación 1 Ecuación para calcular el contenido de humedad*

Donde:

- $W_w$  = Peso de la muestra con humedad
- $W_s$  = Peso de la muestra seca después de ser retirado del horno

### ***Análisis de granulometría por tamizado (NTP 339.128 o ASTM D422)***

Se separará el contenido de una muestra en los tamaños de sus diferentes partículas con una serie de tamices (ordenados decrecientemente). Con ello se consigue la distribución y tamaño de todas las partículas.

### ○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

1. Juego de tamices (N°10, N°20, N°40, N°60, N°80, N°100, N°200 y fondo).
2. Balanza con aprox. de 0.01 gr.
3. Charolas

### ○ PROCEDIMIENTOS

- a. La muestra inicial después de ser cuarteada y secada al horno se pesa y se apunta en un cuaderno.
- b. Se coloca la muestra en la serie de tamices de manera decreciente y se pesa lo que se retiene en cada malla.

- c. Todo ello se realiza hasta el tamiz N°04, con el material pasante esta malla es una muestra representativa (debe llegar a pesar entre 500g y 1000g).
- d. El suelo se pone a secar hasta recolectar una muestra de 200 gr. Una vez obtenido se pasa a un recipiente de metal para continuar lavando del suelo. De presentarse grumos, se deja saturar en un tiempo de 24 horas.
- e. Se lava la muestra con agua. Esto se realiza con el fin de eliminar los finos pasantes a esta malla. El proceso este proceso se detiene hasta que el agua salga completamente o casi limpia.
- f. Se lleva al horno durante 24 horas, después dejándose enfriar y se tamiza por las mallas N°10 a la N°200.
- g. Se pesa lo retenido en cada tamiz.
- h. Se calcula el porcentaje retenido parcial, porcentaje retenido acumulado, % que pasa y se realiza la curva de granulometría.
- i. Se calcula el % de grava, arena y finos.

#### ○ CÁLCULO

$$\% \text{ retenido} = \frac{W_r * 100}{W_s}$$

*Ecuación 2 Ecuación para calcular el porcentaje retenido en cada malla*

Donde:

- $W_r$  = Peso retenido
- $W_s$  = Peso de la muestra seca

Después se determina el % que pasa por el tamiz a través de la diferencia entre el % que pasa por el tamiz anterior y el % retenido en el tamiz actual donde se quiere determinar el % pasante.

Límite Líquido y Límite Plástico e Índice de Plasticidad de suelos (NTP 339.129 o ASTM D4318)

#### ***Límite líquido***

Es el contenido de humedad (en %) en el que el suelo está entre estado plástico y líquido. Se obtiene aplicando 25 golpes en la cuchara de Casagrande a una altura de 1 cm para unir dos fronteras de tierra separadas ½” (13 mm).

### ○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

1. Una vasija de porcelana de 115 mm de diámetro.
2. Una espátula de hoja flexible de las mismas características especificadas en los anteriores ensayos.
3. Aparato del Casagrande.
4. Ranurador laminar
5. Calibrador Vernier
6. Agua destilada
7. Balanza con aprox. de 0.01 gr.
8. Horno regulable a  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$
9. Malla N°40
10. Regla Vernier

### ○ PROCEDIMIENTOS

- a. Se coloca la muestra en la vasija y se combina con 15 a 20 ml de agua destilada, removiendo, aglutinando y tajando la mezcla con la espátula alternadamente. Este procedimiento es el primero en instancia, si es que se consigue unir las partes separadas puestas en el aparato de Casa Grande con 25 a 35 golpes. Si no se consigue dicho objetivo se sigue colocando agua de 1 a 3 ml y se prosigue con el mezclado como se mencionó inicialmente y se repite la prueba consecutivamente.
- b. Para hacer la prueba respectiva del número de golpes se coloca la muestra de suelo en la copa de Casagrande, después se alisa la muestra con la espátula hasta una profundidad de 1 cm.
- c. Luego se gira la manija a una velocidad de 2 golpes/segundo, hasta que las dos mitades de la mezcla estén separadas una distancia de  $\frac{1}{2}$ " o 13 mm. Se escribe el # de golpes realizados para obtener esta distancia.
- d. Se retira una tajada de aproximadamente el ancho de la espátula, en el sector donde se observó la distancia de 13 mm. Después se coloca en un recipiente adecuado y se hace su pesaje en estado húmedo.
- e. Una vez tomado la medida de su peso en estado húmedo, se pone al horno a la muestra en un periodo de 12 a 24 horas, se retira y se hace su pesaje en estado seco.

### ○ CÁLCULO

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

*Ecuación 3 Ecuación para el cálculo del límite líquido*

Donde:

- $W_w$  = Peso de la muestra húmeda
- $W_s$  = Peso de la muestra seca

### ***Límite plástico***

Es el contenido de humedad (en %) en el que el suelo está entre estado plástico y semi sólido. Se obtiene en rollos de suelo de 1/8" (3.2 mm) que no se rompan en pedazos.

#### ○ **INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

1. Una vasija de porcelana (de las mismas características del límite líquido).
2. Una espátula de hoja flexible de las mismas características anteriores
3. Láminas de vidrio grueso esmerilado
4. Recipiente para contener las muestras de suelo.
5. Agua destilada
6. Balanza con aprox. de 0.01 gr.
7. Horno regulable a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$
8. Malla N°40

#### ○ **PROCEDIMIENTOS**

- a. De la muestra cuarteada de seleccionan 20 gramos para el siguiente ensayo. Esta se combina con 3 ml de agua destilada aproximadamente y se elabora rollitos de aproximadamente 1/8" de diámetro. De seguir amasando la mezcla una vez alcanzado dicho diámetro, significa que la muestra aún está húmeda y se consigue quitarle humedad frotando la muestra entre la palma de las manos o con el vidrio esmerilado. Una vez repetido el procedimiento y de presentar fisuras el rollo, se procede a colocarlo en un recipiente de metal.
- b. Se prosigue con los demás rollitos hasta asegurar que presenten fisuras después de superar el 1/8" de diámetro y se pesan en el recipiente de metal.
- c. Se repite la operación con otra muestra, de tal manera que el % de humedad obtenido se promedia y se obtiene finalmente el límite plástico.

#### ○ **CÁLCULO**

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

*Ecuación 4 Ecuación para el cálculo del límite plástico*

Donde:

- $W_w$  = Peso de la muestra húmeda
- $W_s$  = Peso de la muestra seca

### ***Índice de Plasticidad***

Se obtiene como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

#### ○ **CÁLCULO**

$$IP = LL - LP$$

*Ecuación 5 Ecuación para calcular el índice de plasticidad*

Donde:

- LL = Límite líquido
- LP = Límite plástico

### ***Peso Específico Relativo de las partículas Sólidas de un Suelo (NTP 339.131 o ASTM D854)***

El peso específico es la relación del peso del aire en relación con el volumen de material a una temperatura de terminada.

#### ○ **INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

1. Picnómetro con capacidad aproximada de 100 cm<sup>3</sup>.
2. Balanza con aprox. de 0.01 gr.
3. Bomba de vacío para extracción del aire. De no poseer, se usará un mechero o cualquier otro dispositivo para hervir el contenido del picnómetro.
4. Desecador o recipiente con tapa de cierre.
5. Horno regulable a 110±5°C
6. Cápsula de porcelana
7. Termómetro
8. Agua destilada
9. Matraz o frasco volumétrico
10. Pipeta

#### ○ **PROCEDIMIENTOS**

- a. Se extrae dos muestras de suelo, para calcular su promedio.

- b. Se coloca lo extraído en el frasco volumétrico evitando perder material (Se llena hasta las 0.75 partes de su capacidad mediante agua destilada, de ser un frasco volumétrico o hasta 0.5 si es un frasco taponado).
- c. Expulsar el aire retenido a través de cualquier método: hervir el contenido a poca temperatura durante 10 minutos removiendo el picnómetro.
- d. Se añade agua destilada al picnómetro para limpiar y secar la parte externa.

### ○ CÁLCULO

$$G_e = \frac{(1)}{(1) + (2) - (3)}$$

*Ecuación 6 Ecuación para obtener el peso específico relativo*

Donde:

- (1) = Peso de la muestra de suelo seco
- (2) = Peso de la fiola o picnómetro+ agua
- (3) = Peso de la muestra + fiola o picnómetro+ agua

Peso unitario seco Suelto y compactado (NTP 400.017 o ASTM C29)

Determina la masa respecto al volumen (densidad) y los huecos de los agregados. Puede variar de acuerdo a la estructura interna del suelo o agregados.

### ○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

1. Recipiente metálico
2. Balanza con aprox. de 0.01 gr.
3. Varilla de acero
4. Cucharón o pala
5. Regla Vernier

***Peso unitario seco suelto***

### ○ PROCEDIMIENTOS

- a. Con ayuda del cucharón o pala se llena el recipiente hasta su canto o rebose, sin producir presión. La altura de caída máxima es 5 cm de la base del recipiente y se mantiene esta altura conforme se va llenando.
- b. Con la varilla se desecha el material sobrante.

- c. Se pesa el contenido del material más el recipiente y se calcula el peso del material.
- d. Se determina el peso del material suelto mediante la división entre el peso del material entre el volumen del recipiente y multiplicado esté último producto por un factor de calibración.

○ **CÁLCULO**

$$PUS = f \cdot W_s$$

*Ecuación 7 Ecuación para calcular el peso unitario seco suelto*

Donde:

- PUS = Peso unitario seco suelto (kg/m<sup>3</sup>)
- f = Factor de calibración determinado por el recipiente.
- $W_s$  = Peso de la muestra suelto.

***Peso unitario seco compactado***

○ **PROCEDIMIENTOS**

- a. Se llena el recipiente metálico cada su tercera parte con el material a ensayar y se nivela la superficie manualmente.
- b. Con la varilla se da 25 golpes de manera uniforme, evitando que la varilla pase 1 pulgada de altura de la base del recipiente.
- c. Hasta llegar al canto o rebose del recipiente se sigue compactando cada parte con la varilla.
- d. De la misma manera se calcula el peso unitario seco, pero ahora compactado.

○ **CÁLCULO**

$$PUC = W_C$$

*Ecuación 8 Ecuación para calcular el peso unitario seco compactado*

Donde:

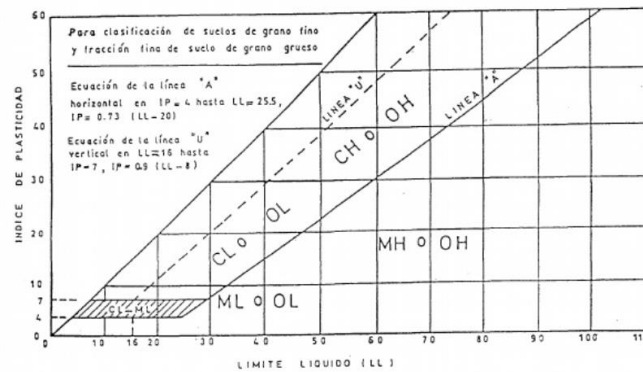
- PUC = Peso unitario seco compactado (kg/m<sup>3</sup>)
- $W_C$  = Peso de la muestra compactado.

***Clasificación Unificada de Suelos (SUCS) (NTP 339.134 o ASTM D2487)***

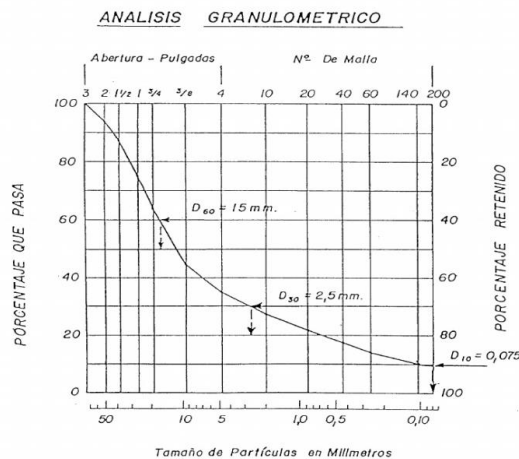
En base al sistema SUCS y a la granulometría e índice de plasticidad obtenido anteriormente, se clasifica el tipo de suelo por utilizar en la elaboración de los adobes.

## ○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

1. Formatos de archivo Excel programados según la NTP 339.134
2. Figura impresa de la carta de plasticidad como lo brinda la NTP 339.134
3. Figura impresa del análisis granulométrico como lo brinda la NTP 339.134



*Ilustración 6 Carta de plasticidad*



*Ilustración 7 Análisis granulométrico*

## ○ PROCEDIMIENTOS

- a. Realizar el análisis granulométrico y el cálculo del límite líquido, plástico e índice de plasticidad.
- b. Entrada de datos que solicita el formato de SUCS para determinar el tipo de suelo y demás características de importancia ingenieril.

## ○ CÁLCULO

- Cálculos automatizados en el formato de SUCS

### **Esfuerzos de rotura mínimos**

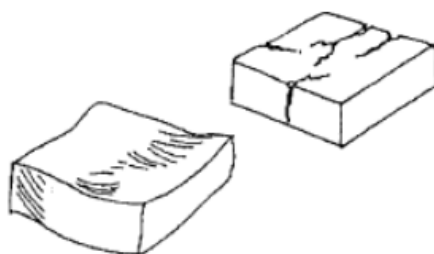
Ensayos en laboratorio para determinar si las muestras de adobe cumplen con las propiedades ingenieriles estipuladas en la E-080 Diseño y Construcción de Tierra Reforzada [21].

### ***Ensayos de las unidades de adobe***

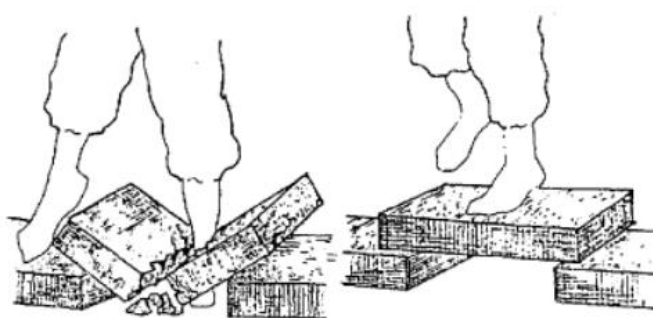
#### **Ensayos físicos:**

#### ***Control de calidad***

Si el adobe a las cuatro semanas presenta grietas, fisuras o deformaciones se le añadirá más cantidad de paja. Así también si el adobe no es resistente al peso de una persona durante un minuto se le añade arcilla adicional a la mezcla del barro.



*Ilustración 8 Grietas o fisuras en las unidades de adobe*



*Ilustración 9 Peso de 1 hombre sobre la unidad de adobe*

### ***Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra de adobe (E-080)***

Resulta de las fuerzas aplicadas en la unidad, las cuales serán en las de mayor área (cara superior e inferior), se distribuirán en ambas caras. Las fuerzas a compresión se aplican sobre el adobe el cual en su parte superior e inferior está acompañado de placas de acero con el fin de distribuir uniformemente las cargas de la máquina compresora. Esta resistencia  $f'_c$  debe ser mayor igual a 10.2 kg/cm<sup>2</sup>.

○ **INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

1. Máquina Compresora
2. Bloque de tierra a ensayar (patrón y experimental) de dimensiones de 10 cm de arista.

○ **PROCEDIMIENTOS**

- a. Se coloca nomenclatura a las unidades de adobe por ensayar.
- b. Tomar las medidas de ancho y largo de cada muestra.
- c. Aplicar cargas dadas por la máquina compresora hasta que el material presente rotura.

○ **CÁLCULO**

$$f'b = \frac{P}{A}$$

*Ecuación 9 Ecuación para determinar la resistencia a la compresión*

Donde:

- $f'b$  = Resistencia a la compresión
- $P$  = Carga perpendicular aplicada por la máquina compresora a la superficie de los adobes hasta alcanzar su rotura.
- $A$  = Área bruta o de contacto.

***Ensayo de resistencia a la tracción de la muestra de adobe (E-080, NTP 339.084 y ASTM C 496)***

Se busca analizar la resistencia a la tracción indirecta en muestras cilíndricas de adobe.

○ **INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

- a. Máquina Compresora
- b. Unidad de adobe a ensayar (patrón y experimental) de con un diámetro de 15 cm y 30 cm de alto.

○ **PROCEDIMIENTOS**

- a. Una vez se elaboran las unidades o muestras cilíndricas se toman las medidas de su diámetro y altura.
- b. Se someten las unidades a la carga aplicada por la máquina compresora.

### ○ CÁLCULO

$$F = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot L}$$

*Ecuación 10 Ecuación para determinar la resistencia a tracción de las probetas.*

Donde:

- F = Resistencia a la tracción última.
- P = P carga máxima aplicada.
- D = Diámetro de la probeta.
- L = Altura libre de la probeta.

### *Ensayo de tracción indirecta del mortero (E-080)*

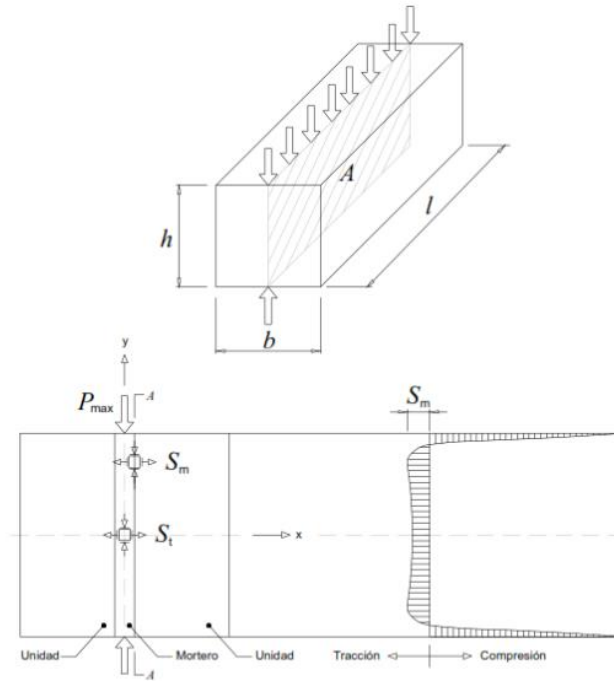
Se busca analizar la resistencia a la tracción indirecta del mortero y su adherencia entre las unidades de adobe.

### ○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

- Máquina compresora.
- Unidad de adobe a ensayar (patrón y experimental) de dimensiones de 8 cm de ancho, 16 cm de largo y 8 cm de alto.
- Mortero con espesor de 1 cm.

### ○ PROCEDIMIENTOS

- a. Se preparan las unidades con las medidas anteriormente indicadas, una vez dejadas secar al sol durante 28 días se prepara la mezcla con la misma dosificación de la unidad de adobe y se une dos de estos bloques.
- b. Ensayar cada bloque de adobe tomando en cuenta el área de contacto en la fórmula especificada en la fórmula (Según la **Ilustración 10** el área de contacto sería  $h \cdot l$ )



*Ilustración 10 Distribución de esfuerzos en el bloque de dos unidades de adobe unidas con mortero [23]*

### ○ CÁLCULO

$$\delta = \alpha^* \frac{P}{A} = \alpha^* \frac{P}{h^*L}$$

*Ecuación 11 Ecuación para la resistencia a la tracción indirecta del mortero*

Donde:

- $\delta$  = Resistencia a la tracción indirecta del mortero.
- $\alpha$  = Coeficiente que depende del ancho del mortero en el adobe y la relación de esbeltez de la muestra [23] (Según la E-080 es 0.5).
- $P$  = Carga perpendicular aplicada por la máquina compresora a la superficie de los morteros hasta alcanzar su rotura.
- $A$  = Peso de la muestra seca.
- $h$  = Ancho de la muestra de adobe
- $l$  = Largo de la muestra de adobe

### ***Ensayo de absorción de humedad (NTP 339.613)***

Primero se pesa los adobes en su estado seco. Después se mantienen las muestras durante 24 horas en agua limpia a una temperatura entre 15.5 a 30°C, se pesa la muestra a los 5 minutos de haber sido retirado, se debe limpiar con un paño húmedo la muestra previa al secado.

#### **○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

1. Unidades de adobe a ensayar (patrón y experimental)
2. Balanza con aprox. de 0.01 gr.
3. Baldes que se llenarán con agua.

#### **○ PROCEDIMIENTOS**

- a. Se pesan las 5 muestras por cada dosificación descrita para determinar su peso en estado seco.
- b. Se analizarán 5 muestras por cada dosificación descrita en la siguiente investigación, de esta manera se somete las unidades a agua fría a una temperatura de 15.5 a 30°C durante 5 minutos.
- c. Una vez retirado la muestra, se limpia el agua superficial y se pesa después de 5 minutos de dejarlo en reposo.

#### **○ CÁLCULO**

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

*Ecuación 12 Ecuación para determinar el % de absorción*

Donde:

- $W_d$  = Peso seco de la muestra.
- $W_s$  = Peso de la muestra saturada, después de ser inmersa en agua fría durante 5 minutos.

### ***Ensayo de succión de humedad (NTP 339.613)***

Primero se pesa los adobes en su estado seco. Después se mantienen las muestras durante 1min±1s en agua limpia a un nivel de 30mm±25mm a en una bandeja con dos soportes de sección transversal circular hueca, se pesa la muestra a los 2 minutos de haber sido retirado, se debe limpiar con un paño húmedo la muestra previa al secado.

#### **○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS**

1. Recipiente para almacenar agua.
2. Bandeja de metal donde se suministrará el agua.
3. Soportes de metal.

4. Unidades de adobe a ensayar (patrón y experimental).
5. Balanza con aprox. de 0.01 gr.

○ **PROCEDIMIENTOS**

- a. Se ubica el recipiente destinado para agua en una superficie nivelada y limpia.
- b. Sobre la bandeja se colocan los soportes metálicos y se agrega el agua hasta  $3\text{ mm} \pm 0.25\text{ mm}$  encima de ellos.
- c. Se registra las dimensiones que estarán en contacto con el agua.
- d. Se coloca la muestra en los soportes en un lapso de  $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$ .
- e. En el lapso de 1 minuto si se observa que el nivel de 3 mm baja, con el agua restante contenido en el recipiente se coloca agua hasta llegar al nivel de 3mm y se trata de mantener este nivel hasta pasado 1 minuto.
- f. Se retira la muestra se seca relativamente durante 10 segundos y para luego pesar la muestra después de 2 minutos.
- g. Se calcula y se registra el promedio de los valores de la succión de las muestras, con una aproximación de  $0.1\text{ gr/min}/200\text{ cm}^2$ .

○ **CÁLCULO**

$$S = \frac{200*W}{L*B}$$

*Ecuación 13 Ecuación para determinar el % de succión*

Donde:

- S = Succión normalizada
- W = Diferencia de peso entre el estado húmedo y seco de la muestra (gr)
- L = Longitud de la unidad de bloque (cm)
- H = Ancho de la unidad de bloque (cm)

***Ensayo de compresión de las pilas de adobe (E-080)***

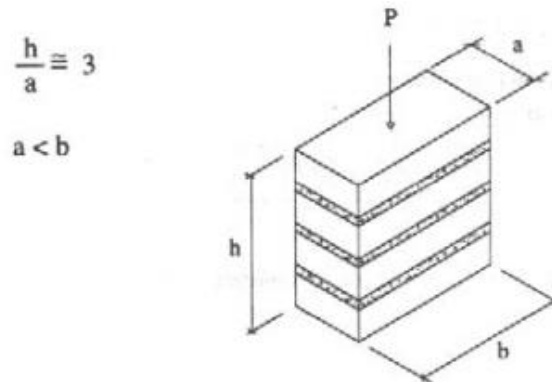
Se busca analizar la resistencia a la compresión de los 4 mejores muretes ensayados que cumplan lo dispuesto en la E-080. Permite hallar la resistencia a la compresión de pilas f'm. La resistencia última del pilar debe ser mayor igual a  $6.12\text{ kg/cm}^2$ .

### ○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

1. Máquina compresora
2. Pilas de adobe a ensayar (patrón y experimental)

### ○ PROCEDIMIENTOS

- a. Se construyen las pilas de adobe conformadas por 3 adobes de 12 cm de ancho, 18cm de largo y 9cm de alto unidos con un espesor de mortero de 1 a 1.5 cm. Se dejan secar durante 28 días cada murete.



*Ilustración 11 Relación de alto y ancho de las de pilas ensayadas a compresión*

- b. Tomar las medidas de ancho y largo de cada pila.
- c. Ensayar cada pila con la carga compresora.

### ○ CÁLCULO

$$f_m = 0.25 \cdot f'_m = 0.25 \cdot \frac{P}{A}$$

*Ecuación 14 Ecuación para la compresión admisible de la pila*

Donde:

- $f'_m$  = Resistencia a la compresión último de la pila.
- P = Carga perpendicular aplicada por la máquina compresora a la superficie de las pilas hasta alcanzar su rotura.
- A = Área bruta o de contacto.

### ***Ensayo de tracción indirecta o compresión diagonal de los muretes (E-080)***

Se busca analizar la resistencia a la tracción indirecta (resistencia última de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>) de los 4 mejores muretes ensayados que cumplan lo dispuesto en la E-080.

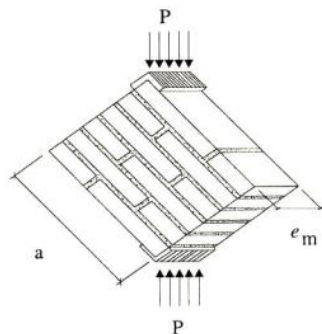
### ○ INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

1. Máquina de Compresión Diagonal de manejo manual

2. Muretes de adobe conformados por unidades de 12 cm de ancho, 18cm de largo y 9cm de alto unidos con un mortero de 1 cm.

○ **PROCEDIMIENTOS**

- Se construyen los muretes considerando que su alto y largo deben tener las dimensiones de 65cm x 65cm aproximadamente.
- Aplicar las cargas sobre el murete de adobe.



*Ilustración 12 Modo de aplicación de la máquina compresora sobre los muretes a tracción indirecta*

○ **CÁLCULO**

$$V_m = 0.4 \cdot f_t$$

*Ecuación 15 Ecuación del esfuerzo admisible al corte del murete*

Donde:

- $V_m$  = Esfuerzo admisible al corte del murete.
- $f_t$  = Esfuerzo último del murete.

$$f_t = \frac{P}{\sqrt{2} \cdot a \cdot e_m}$$

*Ecuación 16 Ecuación del esfuerzo último del murete*

Donde:

- $f_t$  = Esfuerzo último del murete.
- $P$  = Carga aplicada manualmente a través de palanca.
- $a$  = Largo del murete.
- $e_m$  = Ancho del murete.

***Inundación de muretes***

Es un procedimiento sin estandarizar, por ello se hará uso de lo propuesto por Ángel San Bartolomé [24] para simular inundación prolongada en los muretes de adobe. De esta manera

se mide la capilaridad del agua en muros sometidos bajo inundación en piscinas en base según al tiempo de medición (se considera el ascenso por capilaridad, % de absorción y tiempo en que se desmoronan los muros al estar su base inundada).

En este ensayo se medirá la altura de capilaridad y % de volumen de absorción cada hora, el registro de los datos se hace cada hora, y en horarios nocturnos se tendrán que interpolar los resultados y se repone el agua cada día. Las mediciones para el descenso se harán con una carilla de altura de 30 cm, con marcas cada cm (hechas con pintura esmalte acrílico). Para la capilaridad se hará un marcado a una altura de 30 cm seguido de cada 5 cm con diferentes tizas de colores para hacer correctas las mediciones.

## **Materiales y métodos**

### ***Tipo de Investigación***

El tipo de investigación es experimental pues se realizarán ensayos de una muestra control de adobe solo estabilizado con 10% de cal y la muestra experimental, lo mismo que el patrón, pero ahora reforzadas con fibras de cáscaras de yuca con porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5% y 2% respecto al peso total del adobe. El nivel de investigación es aplicado ya que se busca analizar que tanto mejora la absorción de humedad, resistencia a la tracción, compresión de las unidades de adobe y la resistencia a la compresión y tracción indirecta de los muretes conformados por las unidades de adobes propuestos con las mejores propiedades. Así también se busca analizar la capacidad resistiva de estos muretes ante el efecto erosivo de agua, para ello se implementará inundación a través de piscinas en estos últimos para medir su % de absorción, altura de capilaridad y tiempo en que se derrumban.

### ***Nivel de investigación***

El nivel de investigación es causal pues busca determinar el nivel de mejora que se logra en las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de adobe ante cambios en el valor porcentual de fibra de la cáscara de yuca junto al 10% de cal.

### ***Enfoque de Investigación***

Posee un enfoque cuantitativo, pues busca cuantificar resultados respecto a la resistencia a la compresión, tracción, absorción y succión en las unidades de adobe y resistencia a la compresión y tracción indirecta, % de absorción, altura de capilaridad y tiempo de desmoronamiento en los muretes con diferentes relaciones de fibra de la cáscara de yuca.

### ***Hipótesis***

Mayor cantidad de fibra de la cáscara de yuca estabilizada con 10% de cal mejora las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra reforzadas.

### ***Diseño de Investigación***

El diseño de la investigación es experimental, ya que se evalúa la variable independiente (diferentes porcentajes de fibra de cáscara de yuca) sobre la variable dependiente (las propiedades de absorción, succión, resistencia a la tracción y compresión de las muestras de

adobe y la resistencia a la compresión y tracción indirecta, altura de capilaridad, % de absorción y tiempo de desmoronamiento de los muretes).

Tabla 1 Diseño de la investigación

<b>Nomenclatura</b>	<b>Definición</b>	<b>Aplicación</b>
<b>GC</b>	GRUPO CONTROL	Muestras de adobe patrón
<b>X</b>	Estímulo (presencia de algún nivel de los indicadores de la V.I)	0.5%, 1%, 1.5% y 2% de fibra de cáscara de yuca
<b>O1</b>	Medición de los valores de los indicadores de la V.D antes de la aplicación de X	Análisis de las propiedades físico-mecánicas de la muestra patrón
<b>O2</b>	Medición de los valores de los indicadores de la V.D después de la aplicación de X	Análisis de las propiedades físico-mecánicas de la muestra experimental y muretes de adobe
<b>GE</b>	GRUPO EXPERIMENTAL	Muestras de adobe experimentales y muretes de unidades de adobe

### ***Población y muestra***

#### ***Población***

La población de este proyecto de investigación son todas las unidades de adobe existentes en Ferreñafe-Chiclayo usados en zonas sísmicas e inundables.

#### ***Muestra***

El muestreo es de tipo no probabilístico, según Hernández et al. [25], ya que no depende del azar, sino del criterio adoptado por el investigador. Se tomó de referencia la cantidad mínima solicitada por la norma E-080 Diseño y Construcción de Tierra reforzada para realizar los ensayos.

#### ***Descripción de las muestras a ensayar***

Las muestras están conformadas por muestras de adobe convencional y muestras de adobe estabilizados con cal a 10% y 0.5%, 1%, 1.5% y 2% de fibras de cáscara de yuca y por muretes conformados por las unidades de adobe propuestas que obtuvieron las mejores propiedades.

Tabla 2 Unidades de muestreo

<b>Tipo de Muestra</b>	<b>Tipo</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Composición</b>	<b>Abreviatura</b>
Muestra Patrón	1	90T-10C	Adobe convencional estabilizado con 10% de cal	90% Adobe - 10% Cal	A
Muestra Experimental	2	87.5T-10C- 0.5CY	Adobe estabilizado con 10% de cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca	87.5% Tierra+10% Cal+0. 5% Cáscara de yuca	0.5Y
	3	87T-10C-1CY	Adobe estabilizado con 10% de cal y 1% de fibra de cáscara de yuca	87% Tierra+10% Cal+1 % Cáscara de yuca	1Y
	4	86.5A-10C- 1.5CY	Adobe estabilizado con 10% de cal y 1.5% de fibra de yuca	86.5% Tierra+10% Cal+1. 5% Cáscara de yuca	1.5Y
	5	86A-10C-2CY	Adobe estabilizado con 10% de cal y 2% de fibra de yuca	86% Tierra+10% Cal+2 % Cáscara de yuca	2Y
	6	Mo1	Mortero de tierra estabilizado con 10% de cal	90% Tierra - 10% Cal	Mo1
	7	Mo2	Mortero de tierra estabilizado con 10% de cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca.	87.5% Tierra+10% Cal+0. 5% Cáscara de yuca	Mo2
	8	Mo3	Mortero de tierra estabilizado con 10% de cal y 1% de fibra de cáscara de yuca.	87% Tierra+10% Cal+1 % Cáscara de yuca	Mo3
	9	Mo4	Mortero de tierra estabilizado con 10% de cal y 1.5% de fibra de cáscara de yuca.	86.5% Tierra+10% Cal+1. 5% Cáscara de yuca	Mo4

	10	Mo5	Mortero de tierra estabilizado con 10% de cal y 2% de fibra de cáscara de yuca.	86% Tierra+10%Cal+2% Cáscara de yuca	Mo5
	11	Mp	Murete con las unidades de adobe sin fibra de cáscara de yuca		Mp
	12	My	Murete con las unidades de adobe con las mejores propiedades		My
	13	Mce	Murete con unidades de adobe acompañadas de ceniza de cascara de yuca		Mce

Muestreo: Se determinará la cantidad de muestras a realizar de acuerdo con los ensayos propuestos en el siguiente estudio.

## Unidades de adobe

### Resistencia a la compresión

Se necesitará 6 muestras para cada combinación propuesta según lo normado por la E-080. Las dimensiones serán de 0.1x0.1x0.1 de cada unidad para este ensayo. En total se tendrán 30 muestras [21].

*Tabla 3 Número de muestras para el ensayo de resistencia a la compresión*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>N° de ensayos</b>
<b>A</b>	<b>6</b>
<b>0.5Y</b>	<b>6</b>
<b>1Y</b>	<b>6</b>
<b>1.5Y</b>	<b>6</b>
<b>2Y</b>	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>30</b>

### Resistencia a la tracción

Se necesitará 6 muestras para cada combinación propuesta según lo normado por la E-080 [21]. Las dimensiones serán cilíndricas de 0.15x0.3 de cada unidad para este ensayo. En total se tendrán 30 muestras. Las unidades se someterán al ensayo después de 28 días de ser sometidos al sol.

*Tabla 4 Cantidad de muestras para el ensayo de resistencia a la tracción*

<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>N° de ensayos</b>
<b>A</b>	<b>6</b>
<b>0.5Y</b>	<b>6</b>
<b>1Y</b>	<b>6</b>
<b>1.5Y</b>	<b>6</b>
<b>2Y</b>	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>30</b>

### Mortero a tracción indirecta

Se necesitará 6 muestras para cada combinación propuesta según lo normado por la E-080 [21]. Las dimensiones de las unidades serán de 0.16x0.08x0.08 de cada unidad para este ensayo. En total se tendrán 30 muestras. Las unidades se someterán al ensayo después de 28 días de ser sometidos al sol.

*Tabla 5 Número de muestras para ensayo de tracción indirecta sobre mortero*

<b>RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA DE MORTEROS</b>	
MUESTRA	N° de ensayos
A	6
0.5Y	6
1Y	6
1.5Y	6
2Y	6
<b>Total</b>	<b>30</b>

### Absorción de la humedad

Se necesitará 5 muestras para cada combinación propuesta según lo normado por la NTP 339.613 para ladrillos de arcilla cocida [26]. En total se tendrán 25 muestras.

*Tabla 6 Cantidad de muestras para ensayo de Absorción de la humedad*

<b>ABSORCIÓN DE LA HUMEDAD</b>	
MUESTRA	N° de ensayos
A	5
0.5Y	5
1Y	5
1.5Y	5
2Y	5
<b>Total</b>	<b>25</b>

### Succión de la humedad

Se necesitará 5 muestras para cada combinación propuesta según lo normado por la NTP 339.613 [26]. En total se tendrán 25 muestras.

*Tabla 7 Cantidad de muestras para ensayo de succión de la humedad*

<b>SUCCIÓN DE LA HUMEDAD</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>N° de ensayos</b>
<b>A</b>	5
<b>0.5Y</b>	5
<b>1Y</b>	5
<b>1.5Y</b>	5
<b>2Y</b>	5
<b>Total</b>	25

### Pilas y muretes de unidades de adobe

Para la construcción de pilas y muretes para ensayarlos posteriormente, se realizará en aquellas unidades de adobe propuestas con las mejores propiedades de absorción, succión, compresión y tracción obtenidas anteriormente.

### Resistencia a la compresión en pilas

Se necesitará 6 pilas con los adobes con las mejores propiedades de absorción, resistencia a la compresión y tracción ensayadas anteriormente [21].

*Tabla 8 Número de muestras para ensayo de resistencia a la compresión en pilas*

<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EN PILAS</b>	
<b>MUESTRA</b>	<b>N° de ensayos</b>
<b>Mp</b>	6
<b>My</b>	6
<b>Mce</b>	6
<b>Total</b>	18

### Resistencia a la tracción indirecta en muretes

Se necesitará 6 muretes con los adobes con las mejores propiedades de absorción, resistencia a la compresión y tracción ensayadas [21].

*Tabla 9 Número de muestras para ensayo de resistencia a la tracción indirecta en muretes*

#### **RESISTENCIA A LA TRACCIÓN INDIRECTA EN MURETES**

<b>MUESTRA</b>	<b>N° de ensayos</b>
<b>Mp</b>	6
<b>My</b>	6
<b>Mce</b>	6
<b>Total</b>	18

### Inundación de muros

Se realizarán 3 muros con los adobes con las mejores propiedades de absorción, humedad, resistencia a cargas compresoras y a la tracción ensayadas anteriormente [21]. Así también se armarán 3 pozas de 1.635m de largo, 0.46m de ancho y 0.39m de alto compuestas de unidades de albañilería pandereta con dimensiones de 0.11 de ancho, 0.23 de largo y 0.09 de alto con mortero para tarrajeo (PACASMAYO) internamente con concreto (Chema Seal) [24]. Las piscinas se realizarán en la vivienda del tesista, debido a que se considera que es más factible en tema de costos y tiempo realizarlo en el hogar. Se tomarán las medidas de altura de capilaridad, % de absorción de agua y tiempo en el que se desmoronan los muros.

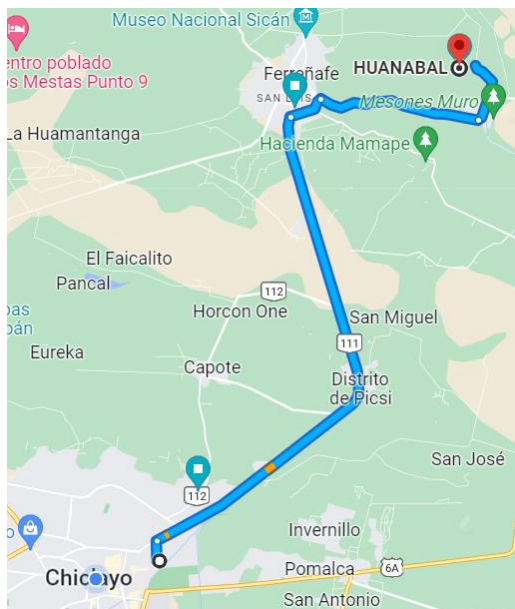
*Tabla 10 Número de muestras para ensayo de inundación de muros*

#### **INUNDACIÓN DE MUROS**

<b>MUESTRA</b>	<b>N° de ensayos</b>
<b>Mp</b>	1
<b>My</b>	1
<b>Mce</b>	1
<b>Total</b>	3

### *Criterio de selección*

La elección de tierra adecuada para los bloques de tierra se extraerá de la cantera adobera de Guanabal, ubicada en Ferreñafe, ya que, de acuerdo a los ensayos realizados en campo y en laboratorio se determinó que la muestra de tierra poseía contenidos óptimos de arcilla, limo y arena para la elaboración de unidades de mampostería de tierra sin cocer.



*Ilustración 13 Ubicación de la cantera adobera*



*Ilustración 14 Vista de la cantera adobera*

## *Hipótesis y Operacionalización de variables*

### **Operacionalización de variables**

#### **Variable dependiente:**

Propiedades de las unidades de adobe

- Resistencia a la compresión
- Resistencia a la tracción
- Resistencia a la tracción indirecta de morteros
- Absorción y succión de la humedad

Propiedades de pilas, muretes y muros de unidades de adobe

- Resistencia a la compresión en pilas
- Resistencia a la tracción indirecta en muretes
- Inundación en muros

#### **Variable independiente:**

- Diferentes porcentajes de la fibra de cáscara de yuca.
- Cenizas de cáscara de yuca

#### **Variable interviniente:**

- Porcentaje de cal en las muestras experimentales
- Control de calidad de tierra.
- Calidad del agua
- Control de calidad de adobe.

Tabla 11 Operacionalización de variables

<b>Variable independiente</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Índice</b>	<b>Instrumento de recojo de información</b>
Cáscaras de yuca	% en mezcla	Cantidad fibra de cáscara de yuca en muestra	Balanza	0.5 % 1.0% 1.5% 2%	Formato técnico de registro
Ceniza de cáscaras de yuca	% en mezcla	Cantidad de ceniza de cáscara de yuca en muestra	Balanza	Mejor %	Formato técnico de registro
Variable dependiente	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice	Instrumento de recojo de información
Propiedades físico mecánicas de las unidades	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión de unidades	E-0.80	10.2 Kg/cm <sup>2</sup> -1 Mpa	Formato técnico de registro
		Resistencia a la tracción de unidades	E-0.80	0.81 Kg/cm <sup>2</sup> -0.08 Mpa	
		Resistencia a la tracción indirecta de mortero de unidades	E-0.80	0.12 Kg/cm <sup>2</sup> -0.012 Mpa	
	Propiedades físicas	Absorción y succión de unidades	NTP-339.613	% de absorción y % de succión	
Propiedades físico mecánicas	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión de pilas	E-0.80	6.12 Kg/cm <sup>2</sup> -0.6 Mpa	Formato técnico de registro
		Resistencia a la tracción de muretes	E-0.80	0.25 Kg/cm <sup>2</sup> -0.025 Mpa	

de los pilas, muretes y muros	Propiedades físicas	Inundación de muros	Sin estandarizar	Altura de capilaridad, % de absorción y tiempo de desmoronamiento	Formato técnico de registro
Variable interviniente	Dimensión	Indicadores	Instrumento	Índice	Instrumento de recojo de información
Cal	% en mezcla	Cantidad de cal en muestra	Balanza	10 %	Apuntes a mano
Control de calidad de la tierra	Cantidad de limo, arcilla y arena presente en la tierra	Prueba de cinta de barro	E-0.80	Rotura de rollos	Observación in situ
		Prueba de resistencia de arcilla o resistencia seca	E-0.80	Resistencia de bolitas	Observación in situ
		Cuarteo	NTP 339.089	Kg	Formato técnico de registro
		Contenido de humedad	NTP 339.127	%	
		Análisis granulométrico	NTP 339.128	Kg	
		Límite líquido, plástico e índice de plasticidad	NTP 339.129	Adimensional	
		Peso específico	NTP 339.131	Kg/m <sup>3</sup>	
		Clasificación SUCS	NTP 339.134	Tipo de suelo	
Control de calidad de adobes	Estado de las muestras de adobe	Fisuras o deformaciones en la mezcla de barro	Edificaciones antisísmicas de adobe	Grietas	Observación in situ

		Peso de 1 persona durante 1 minuto	Edificaciones antisísmicas de adobe	Resistencia	Observación in situ
Control de calidad del agua	Estado químico del agua	% de compuestos en el agua	NTP 214.005	%	Formato técnico de registro

### *Técnica e instrumentos de recolección de datos*

#### *Investigación documental*

Se revisó material proveniente de artículos, revistas a nivel internacional relacionados con el tema propuesto. Después de haberlos revisado, se pensó el posible tema de investigación que se podría realizar, que terminó siendo el que se expone en el siguiente proyecto.

*Tabla 12 Técnicas de investigación documental*

MÉTODO	TÉCNICA	INSTRUMENTO
Síntesis Bibliográfica	Análisis Documental	Artículos de investigación, libros, tesis con relación a la elaboración de bloques de tierra con desechos agrícolas

#### *Investigación de campo*

- **Revisión de normas:** Se revisa lo especificado en normas nacionales e internacionales, como las normas NTP y ASTM.
- **Observación directa:** Se procede a observar la manera en que los técnicos especialistas realizan los ensayos de laboratorio propuestos en el proyecto.
- **Experimentos:** Se efectúa la manipulación de todas las variables descritas, siguiendo lo normado en los ensayos de las unidades del adobe experimentales y los muretes de los adobes experimentales.
- **Análisis del contenido:** Después de realizar los ensayos, se procederá a analizar lo obtenido con trabajos anteriores y fuentes bibliográfica relacionada.

*Tabla 13 Ensayos por realizar*

UNIDADES DE ADOBE	MORTEROS	MURETES
Resistencia a la compresión	Resistencia a la tracción indirecta	Resistencia a la compresión
Resistencia a la tracción		Resistencia a la tracción indirecta
Absorción de la humedad		Inundación de muretes
Succión de la humedad		

### ***Programas***

Microsoft Office: Word, Excel y Power Point

### ***Ensayos***

#### **Para la selección del suelo:**

#### ***Ensayos in situ***

#### ***Prueba de cinta de barro***

Se escoge una muestra de barro con cierta humedad que permita realizar un cilindro de 12 mm de diámetro, y se aplana entre el pulgar y el índice, formando una barra de 4 mm de espesor. Si esta barra alcanza 20 a 25 cm de longitud, entonces es arcilloso, si alcanza 10 cm o menos, posee poca cantidad de arcilla. El tiempo del ensayo es de 10 minutos [21].

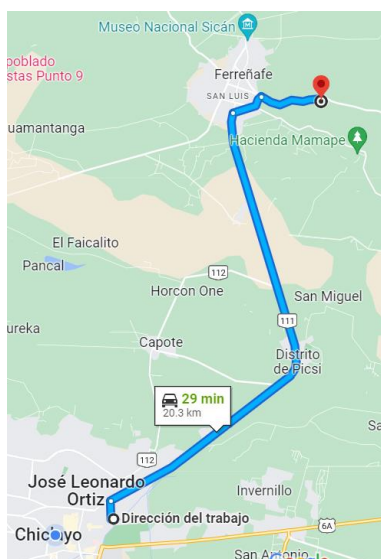
#### ***Prueba de resistencia de arcilla o resistencia seca***

Se forman 4 bolitas de 2cm de diámetro con la tierra seleccionada anteriormente, se le agrega poca cantidad de agua (la necesaria para formar bolitas con las palmas de las manos sin que muestren alguna deformación a la vista), se dejan secar las bolitas durante 48 horas, finalmente se presionan fuertemente las 4 bolitas secas con el dedo pulgar y el índice. En caso se rompa o agriete al menos una de las 4 bolitas, se vuelve a formar otras 4 bolitas con el mismo material y dejándose secar a las mismas condiciones. Si se vuelve a agrietar una vez probado las bolitas, no se debe considerar lo dado en esa cantera, si no sucede ningún agrietamiento se puede trabajar con dicha cantera [21].

### ***Procedimientos***

#### ***Lugar de fabricación del adobe***

Se escogió una cantera adobera en Ferreñafe, la cual se ubica a 21.7 km del lugar de domicilio del investigador. Se encuentra en la calle Grau, se corroboró que la tierra era la adecuada en base a los ensayos manuales de resistencia y cinta de barro.



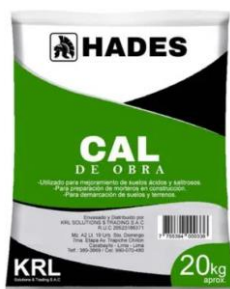
*Ilustración 15 Recorrido de Google Maps desde domicilio hasta la cantera adobera seleccionada*

### ***Recolección de materiales***

Las cáscaras de yuca se recolectaron en cadenas de restaurantes cercanos y existentes en el mercado Modelo.

Una vez recolectadas se sometieron al sol al aire fresco durante 3 días, una vez comprobado su completo secado se guardaron en cajas que se mantuvieron abiertas en todo momento.

La cal se compró en Promart Chiclayo en bolsas de 20 kg.



*Ilustración 16 Presentación de la cal comprado en Promart Chiclayo*

### ***Tratamiento de la fibra de cáscara de yuca***

Para el tratamiento de la fibra de cáscara de yuca, se realizó con antelación la separación de la parte orgánica de la parte que es netamente la cáscara de yuca, esto se logró evidenciar al poner al secado durante tres días la cáscara de yuca con parte orgánica, en la cual se observó que la muestra aun poseía cierta humedad. Debido a que en los antecedentes se señalaba que las cáscaras de yuca con el tiempo se volverían crocantes ante el secado, se decidió trabajar con

tejidos desde el periderma hasta el parénquima cortical, como se puede observar en la *Ilustración 17*. Se dejaron secar las cáscaras entre 4 a 6 días.



*Ilustración 17 Secado al sol de las fibras de cáscara de yuca por 4 a 6 días*

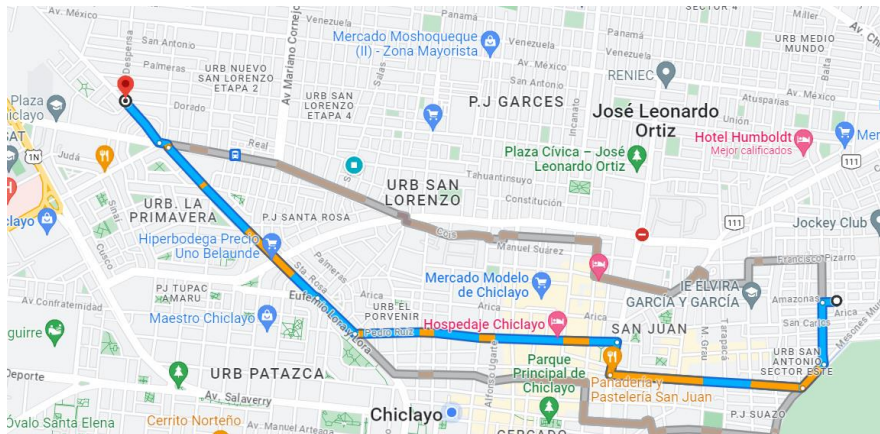


*Ilustración 18 Almacenamiento de las fibras de cáscara de yuca en cajas de cartón*

### ***Incineración de la fibra de cáscara de yuca***

Así también y como se mencionó párrafos arriba, se consideró importante analizar la influencia de la ceniza de fibras de cáscara de yuca al ser aplicada en el adobe, por lo que, en base a la mejor cantidad porcentual obtenida con el solo uso de la fibra de cáscara de yuca, se trabajó con esa misma cantidad y se comparó el comportamiento mecánico y resistencia al agua de los pilares, muretes y muros de las unidades con fibra y con ceniza respectivamente.

La incineración se llevó a cabo de manera artesanal en un taller de horno ubicado en la Avenida el Dorado entre la Avenida la Despensa y la Avenida Lora y Lora.



*Ilustración 19 Ubicación del taller de horno*



*Ilustración 20 Taller del horno*



*Ilustración 21 Traslado de las cajas con fibra de ceniza de cáscara de yuca*



*Ilustración 22 Colocación de las fibras en el horno artesanal*



*Ilustración 23 Toma de temperatura con el termómetro en el horno artesanal*

Resultó conveniente tomar la temperatura en el horno artesanal para determinar cuál sería la temperatura óptima para la obtención de ceniza y así corroborar con lo obtenido en el ensayo de análisis térmico diferencial y los antecedentes en los que ha aplicado la ceniza de fibra de cáscara de yuca.



*Ilustración 24 Toma de temperatura a diferentes tiempos en el horno artesanal*

Las temperaturas conseguidas en diferentes tiempos fueron las siguientes:

*Tabla 14 Temperaturas a diferentes tiempos*

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Hora de toma</b>
455.3	4:10 pm
500.4	4:14 pm
532.2	4:15 pm
583.7	4:35 pm

Se vio conveniente el uso de un ventilador Siroco a aire forzado para elevar la temperatura entre 600 a 800°C.



*Ilustración 25 Aplicación de ventilador Siroco a aire forzado para aumentar la temperatura en el horno artesanal*

Así también, durante la incineración se estuvo moviendo la fibra presente en el horno.



*Ilustración 26 Movimiento con el trinche metálico para incinerar toda la fibra presente en el horno artesanal*

Finalmente, se retira la ceniza en un cajón metálico y se dejó reposar un día para después pasarlo a su recolección.



*Ilustración 27 Colocación de la ceniza recién incinerada en un cajón metálico*

### ***Calcinación de las cenizas***

Con el fin de uniformizar la temperatura a la cual se encuentra la ceniza se colocó muestras de esta en un horno microondas para calcinarlo.



*Ilustración 28 Colocación de la ceniza incinerada para calcinarla en un horno microondas*



*Ilustración 29 Extracción de la ceniza recién calcinada para tamizarla*

En base a los antecedentes revisados [27], [28]., se tamizó la ceniza por la malla n°30, de tal manera que de lo tamizado resultaron las siguientes cantidades:



*Ilustración 30 Peso de ceniza que no pasa la malla #30*



*Ilustración 31 Peso de ceniza que pasa la malla #30*

*Tabla 15 Temperatura y tamices aplicados en los antecedentes*

<b>Antecedentes</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tamiz mm</b>	<b>micrometro</b>
Olatokunbo	700	30	0.6
Musbau	700	100	0.15

*Tabla 16 Porcentaje de pérdida al tamizar por la malla #30*

<b>No pasa #30</b>	323.64
<b>Pasa #30</b>	333.17
<b>Total</b>	656.81
<b>% de pérdida</b>	49%

## *Ensayos in situ*

### *Cinta de Barro*



*Ilustración 32 Elaboración del cilindro de arcilla para la comprobación cualitativa de arcilla*



*Ilustración 33 Comprobación del diámetro de 10 mm del cilindro*



*Ilustración 34 Medida de la altura colgante del cilindro una vez convertido en cinta de barro*

Al convertir en cinta, el cilindro de barro y dejar descolgando se observa una altura de 17 cm que se mantiene sin despegarse. Esto indica que la muestra tiene una cantidad moderada de arcilla, que posteriormente se validará con los ensayos de análisis de granulometría de los agregados.

### *Resistencia Seca*



*Ilustración 35 Elaboración de las esferas de barro para el ensayo de resistencia seca*



*Ilustración 36 Comprobación de cantidad óptima de arcilla en las esferas realizadas para el ensayo*

Una vez dejada pasadas las 48 horas se comprueba la resistencia de las esferas sosteniendo con el dedo pulgar e índice la esfera. Se comprueba que la resistencia de las esferas es óptima.

### *Ensayos iniciales*

#### *Ensayos químicos de la cenizas de cáscara de yuca*

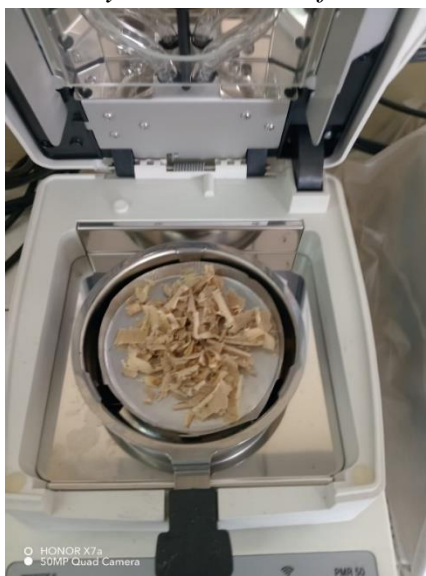
#### *Análisis térmico diferencial*

Se envió una muestra de 1 kg de cáscara de yuca previamente tratada a la ciudad de Trujillo para convertirla en ceniza y realizar el ensayo de análisis térmico diferencial (ATD).

El ADT permite conocer a la temperatura en que el material se convierte en ceniza y se estabiliza, así como su porcentaje de pérdida del material inicial.



*Ilustración 37 Fibra de cáscara de yuca en una estufa a 300°C para su completo secado*



*Ilustración 38 Balanza de humedad*



*Ilustración 39 Resultados de la humedad medida por la balanza*



*Ilustración 40 Mufla de 1200°C para hacer ceniza la fibra de cáscara de yuca*



*Ilustración 41 Uniformización de la temperatura de la ceniza*

### ***Ensayo de fluorescencia de rayos X***

La fluorescencia permite conocer la cantidad de compuestos químicos existente en la ceniza de cáscara de yuca.



*Ilustración 42 Cromatógrafo de masa y gases MS/GS*

***Ensayos químicos de la muestra de suelo existente en la cantera adobera***

Debido a que se aplicará un elemento orgánico a la muestra de suelo, se necesita saber los componentes químicos existentes en la muestra.



*Ilustración 43 Cromatógrafo de aniones y cationes*



*Ilustración 44 Multiparámetro para medir PH*

### *Contenido de Humedad*

- a. Se pesan la tara de aluminio seleccionada.



*Ilustración 45 Peso de la tara para el contenido de humedad*

- b. Se registra el peso de la tara más la muestra húmeda.



*Ilustración 46 Peso de la tara más la muestra húmeda*

- c. Se colocan los recipientes con las muestras en el horno a 110°C durante 24 horas.



*Ilustración 47 Colocación de la muestra de suelo en estado húmedo en el horno*

- d. Pasada las 24 horas, se retiran las muestras del horno y se dejan enfriar a temperatura ambiente.



*Ilustración 48 Retirada de la muestra del horno*

- e. Pesar y registrar el peso de la tara más la muestra seca.



*Ilustración 49 Peso de la tara más la muestra seca*

- f. Se calcula el contenido de humedad

### ***Análisis Granulométrico***

- a. La muestra después de ser cuarteada y secada al horno se pesa y se apunta en un cuaderno.
- b. Se extrae 500 gr de la muestra secada y se deja saturar durante 24 horas.



*Ilustración 50 Saturación de la muestra por 24 horas*

- c. Una vez dejada saturar la muestra por un día, se lavan los finos tamizando la muestra en la malla 200, una vez terminado se deja al horno durante 24 horas y se pesa el nuevo peso seco del suelo.



*Ilustración 51 Lavado de la muestra seca, después de saturar de 24 horas.*

- d. Se pesa la cantidad obtenida después de realizar el correcto lavado sobre la malla N°200.



*Ilustración 52 Pesado de la muestra después del lavado*

- e. Se pone al horno la muestra anteriormente lavada, y se pesa transcurrido el día.



*Ilustración 53 Pesado de la muestra seca al horno*

- f. Se deja la muestra al horno 1 día entero, posterior a ello se deja enfriar y se tamiza desde las mallas N°10 a la N°200.

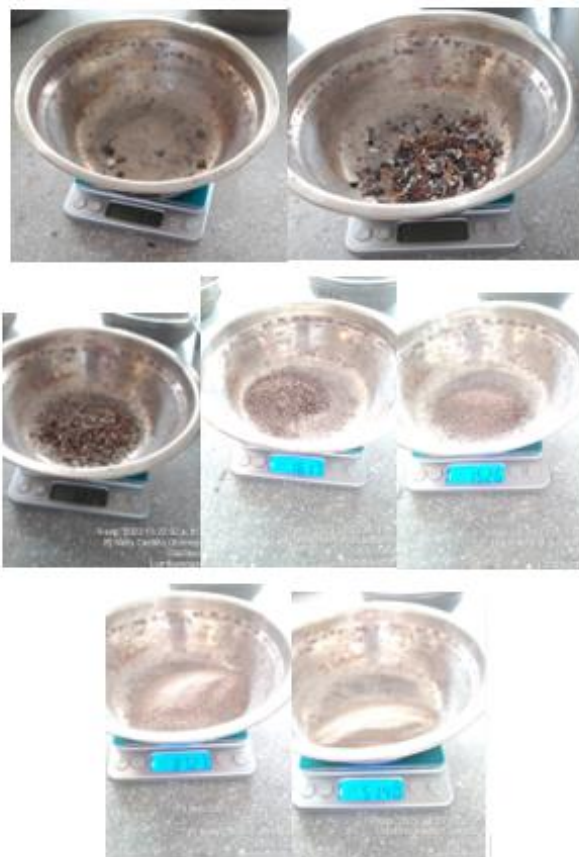


*Ilustración 54 Serie de tamices usados para el ensayo de granulometría*



*Ilustración 55 Movimiento rotatorio lateral de los tamices*

g. Se pesa la cantidad retenida en cada malla.



*Ilustración 56 Pesos retenidos en las mallas N°4, 10, 20, 40, 50, 100 y 200 respectivamente*

h. Finalmente, con los datos de los límites y la granulometría conseguida, se clasifica el tipo de suelo obtenido de la cantera adobera, el cual resulta ser “Arena Arcillosa”.

### *Límite líquido*

- a. Parte de la muestra seca se tamiza y se pasa por la malla N°40.



*Ilustración 57 Pasado de la muestra por el tamiz de malla N°40*

- b. Se coloca la muestra en un recipiente de plástico y se combina con la cantidad de agua destilada adecuada, removiendo, aglutinando y tajando la mezcla con la espátula alternadamente.



*Ilustración 58 Mezcla de agua destilada con la tierra tamizada*

- c. Se pesan 6 taras, las cuales 3 se usarán para el límite líquido y 3 para el límite plástico



*Ilustración 59 Taras para límite líquido (P18, P13 y T6 respectivamente)*

- d. Se coloca la muestra aglutinada en la copa de Casa Grande.



*Ilustración 60 Colocación de la muestra aglutinada en la copa de Casa Grande*

- e. Se hace una ranura de 1 cm con ayuda del calibrador en la mitad de la muestra.



*Ilustración 61 Realización de la ranura de 1 cm con ayuda del calibrador de la copa de Casa Grande*

- f. Se gira la manivela en una ratio de 25 a 30 golpes, de cumplir dicha ratio se sigue con el ensayo mezclando un poco de agua destilada con el táper y la mezcla saturada con el objetivo de disminuir el número de golpes y obteniendo ratios de 20 a 25 golpes y de 15 a 20 golpes. De no conseguirse la cantidad de golpes indicada en el 1er ratio, se extrae la humedad con ayuda de la espátula, y se vuelve a intentar el ensayo.



*Ilustración 62 Movimiento giratorio de la manivela hasta que la ranura de 1cm cierre*

- g. Una vez obtenido el número de golpes adecuado, se mide aproximadamente 1 cm con ayuda del calibrador y se extrae la parte indicada tal y como se muestra en la figura.



*Ilustración 63 Extracción de 1 cm de ancho de la muestra obtenida después de unir la ranura hecha anteriormente*

- h. Una vez extraído la muestra, se coloca en la tara y se pesa la muestra, esto es el peso de la muestra en estado húmedo más la tara.



*Ilustración 64 Peso de las muestras en estado húmedo (P18, P13 y T6 respectivamente)*

- i. Se coloca las taras en el horno, y se extrae una vez transcurrido 24 horas.



*Ilustración 65 Peso de las muestras en estado seco (P18, P13 y T6 respectivamente)*  
Se calcula el límite líquido, interpolando el valor del contenido de humedad a 25 golpes exactos.

### *Límite plástico*

- a. De la muestra cuarteada de seleccionan 20 gramos para el siguiente ensayo.
- b. Se pesan las 3 taras y se codifican respectivamente.



*Ilustración 66 Taras para límite plástico (L10, L12 y L5)*

- c. Se amasa la mezcla una vez alcanzada el diámetro de 3.2 mm, significa que la muestra aún está húmeda y se consigue quitarle humedad frotando la muestra entre la palma de las manos.



*Ilustración 67 Realización de los cilindros de 3.2 mm*

- d. Una vez repetido el procedimiento y de presentar fisuras el rollo, se procede a colocarlo en un recipiente de metal.



*Ilustración 68 Peso de las muestras en estado húmedo (L10, L12 y L5 respectivamente)*

- e. Se prosigue con los demás rollitos hasta asegurar que presenten fisuras después de superar el 1/8" de diámetro y se pesan en el recipiente de metal.
- f. Se repite la operación con otra muestra, de tal manera que el % de humedad obtenido se promedia y se obtiene finalmente el límite plástico.

***Peso Específico Relativo de las partículas Sólidas de un Suelo***

- a. Se tamiza parte de la muestra seca en el tamiz de malla N°10 de tal manera que se obtenga 50 gramos de masa pasante.

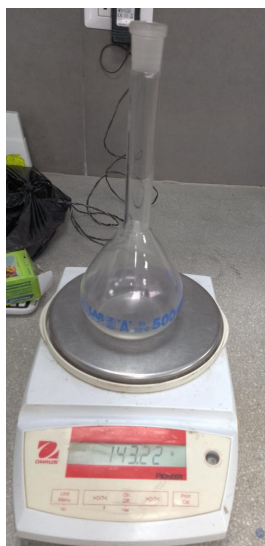


*Ilustración 69 Tamizado de la muestra por la malla N°10*



*Ilustración 70 Pesado de la muestra tamizada*

- b. Se pesa la fiola o frasco volumétrico de 250 ml de capacidad y se anota su peso.



*Ilustración 71 Peso de la fiola de 250 ml*

- c. Así también se coloca agua destilada hasta el menisco del frasco volumétrico.



*Ilustración 72 Agua destilada para el ensayo*



*Ilustración 73 Extracción del agua destilada para colocarlo en la fiola*

- d. Se coloca la muestra de 50 gramos anteriormente pesada dentro del frasco volumétrico con ayuda de un embudo y cuidando que no se pierda material.



*Ilustración 74 Colocación de la muestra en la fiola*

- e. Se coloca agua destilada hasta casi el tope del frasco volumétrico



*Ilustración 75 Colocación del agua destilada hasta el tope del frasco volumétrico*

- f. Quitar el aire de manera manual haciendo girar el frasco durante 15 minutos.



*Ilustración 76 Extracción del aire con movimientos giratorios durante 15 minutos*

- g. Se deja saturar la muestra un promedio de 16 a 20 horas. Una vez pasado dicho tiempo se pesa la fiola más la muestra y el agua (se tiene que verificar la inexistencia de oxígeno en la muestra)



*Ilustración 77 Pesado de la fiola con agua destilada y muestra de tierra después de 16 o 20 horas*

- h. Se calcula el peso específico relativo de las partículas sólidas

***Peso unitario seco suelto***

- a. Se pesa el recipiente donde se colocará el material tamizado sobre la malla  $\frac{3}{4}$ ".



*Ilustración 78 Peso del molde de Proctor*

- b. Se calcula el volumen interior del recipiente, midiendo el diámetro del cilindro así como su altura correspondiente.



*Ilustración 79 Medida del diámetro del molde de Proctor*



*Ilustración 80 Medida de la altura del molde de Proctor*

- c. Con ayuda del cucharón o pala se llena el recipiente hasta su canto o rebose, sin producir presión.



*Ilustración 81 Peso de la tierra en estado suelto más el molde del Proctor*

- d. La altura de caída máxima es 5 cm de la base del recipiente y se mantiene esta altura conforme se va llenando.
- e. Con la varilla se desecha el material sobrante.
- f. Se pesa el contenido del material más el recipiente y se calcula el peso del material.
- g. Se determina el peso del material suelto mediante la división entre el peso del material entre el volumen del recipiente y multiplicado éste último producto por un factor de calibración.

***Peso unitario seco compactado***

- a. Se llena el recipiente metálico cada su tercera parte con el material a ensayar y se nivela la superficie manualmente.



*Ilustración 82 Colocación de la muestra cada 3 partes en el molde del Proctor*

- b. Con la varilla se da 25 golpes de manera uniforme, evitando que la varilla pase 1 pulgada de altura de la base del recipiente.



*Ilustración 83 Compactación del material con ayuda de una varilla lisa redonda*

- c. Hasta llegar al canto o rebose del recipiente se sigue compactando cada parte con la varilla.



*Ilustración 84 Llegada del material de la muestra casi al canto o rebose del molde de Proctor*

- d. De la misma manera se calcula el peso unitario seco, pero ahora compactado.

### ***Absorción***

Debido a que no existe normativa alguna sobre la resistencia a la humedad de las unidades de bloques de tierra reforzada, se usará como referencia la NTP 339.065 muestreo de unidades de albañilería adoptándola a lo observado en los adobes.

Lo observado fue que al término de 1 hora la muestra control (muestras adicionales de lo que solicita la norma) se desmoronaba por completo, por lo que se consideró necesario para calcular la humedad del adobe en base a una sumersión de agua un periodo de 5 minutos.

Pese a dicha modificación, todos los bloques de tierra presentaron pérdida de material, es decir la unidad de adobe propuesta no posee capacidad alguna de absorción, por lo que para analizar los resultados obtenidos se consideró necesario calcular el % de pérdida de material, el cual resultaría la división entre el peso del material perdido entre el material seco:

$$\% \text{ de pérd. de mat.} = \frac{\text{Peso húm. con rest.} - \text{Peso húm. sin rest.}}{\text{Peso seco}} = \frac{\text{Peso de restos}}{\text{Peso seco}}$$

### *Tracción indirecta sobre el mortero*

Así también existe una grande despreocupación por la resistencia a la tracción indirecta en el mortero, lo único evidenciable es lo realizado por Neumann, en donde indica que a la ecuación de la tracción indirecta se le aplica un factor de corrección el cual depende del espesor del mortero y de la relación de esbeltez de la unidad de adobe.

*Tabla 17 Valores de alfa según el espesor del mortero y la relación de esbeltez de las unidades de adobe [29]*

<b>Ancho de mortero (mm)</b>	<b>Esbeltez</b>			
	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>	<b>0.9</b>
<b>0</b>	0.772	0.806	0.805	0.88
<b>2.5</b>	0.77	0.805	0.848	0.879
<b>5</b>	0.765	0.801	0.845	0.875
<b>7.5</b>	0.756	0.795	0.838	0.869
<b>10</b>	0.745	0.786	0.83	0.861
<b>12.5</b>	0.734	0.775	0.819	0.85
<b>15</b>	0.72	0.762	0.806	0.837

### *Elaboración del diseño de mezcla*

#### *Para las unidades a ensayar*

En base al peso unitario compactado, se determina el peso de cada unidad de adobe por obtener en base a las dimensiones de las adoberas (cubos de 10 cm cada lado, primas de 8 cm de alto, 8 cm de ancho y 16 cm de largo y cilindros de diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm)

*Tabla 18 Determinación de los pesos de cada unidad por ensayo*

<b>Ensayo</b>	<b>Unidades totales PARA ADOBE</b>	<b>Unidades en Y</b>	<b>Unidades en X</b>	<b>Ancho</b>	<b>Largo</b>	<b>Alto</b>	<b>PVC (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Peso de tierra por ensayo (kg)</b>	<b>Peso de tierra para 1 unidad (kg)</b>
Compresión	30	1	1	0.1	0.1	0.1	1,148.56	34.46	1.15
Tracción	30	1	1	1	1	0.00530144	1148.56	182.67	6.09
Tracción (mortero)	60	1	1	0.08	0.16	0.08	1148.56	70.57	1.18
Absorción	25	1	1	0.08	0.16	0.08	1148.56	29.40	1.18
Succión	25	1	1	0.08	0.16	0.08	1148.56	29.40	1.18

Una vez calculado el peso de cada unidad por realizar, se procede a calcular la cantidad de cal y fibra de cáscara de yuca en base a sus porcentajes indicados (la cal al 10% y la fibra al 0.5, 1, 1.5 y 2%).

*Tabla 19 Diseño de mezcla de las unidades de tierra reforzada*

Ensayo	Unidades totales PARA ADOBE	Peso de tierra para 1 unidad (kg)	% Cal (Por unidad)	% Yuca TOTAL (Por unidad)	% Yuca 1 (Por unidad)	% Yuca 2 (Por unidad)	% Yuca 3 (Por unidad)	% Yuca 4 (Por unidad)	% Yuca 5 (Por unidad)
Compresión	30	1.15	0.11	0.06	-	0.006	0.011	0.017	0.023
Tracción	30	6.09	0.61	0.30	-	0.030	0.061	0.091	0.122
Tracción (mortero)	60	1.18	0.12	0.06	-	0.006	0.012	0.018	0.024
Absorción	25	1.18	0.12	0.06	-	0.006	0.012	0.018	0.024
Succión	25	1.18	0.12	0.06	-	0.006	0.012	0.018	0.024



*Ilustración 85 Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de compresión*



*Ilustración 86 Pesaje de la cal para los ensayos de compresión*



*Ilustración 87 Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de tracción*



*Ilustración 88 Pesaje de la cal para los ensayos de tracción*



*Ilustración 89 Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de absorción, succión y tracción en mortero*



*Ilustración 90 Pesaje de la cal para los ensayos de absorción, succión y tracción en mortero*

*Tabla 20 Determinación de los pesos del mortero por unidad*

Unidades totales PARA MORTERO	b	l	h	Volumen	Peso de tierra para mortero (kg)	Peso de tierra para mortero por unidad (kg)
30	0.1	0.1	0	0	-	-
30	1	1	0	0	-	-
30	0.08	0.16	0.0015	0.000576	0.66	0.02
25	0.08	0.16	0	0	-	-
25	0.08	0.16	0	0	-	-

*Ilustración 91 Diseño de mezcla para los morteros*

Unidades totales PARA MORTERO	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Volumen total	Peso de tierra para mortero (kg)	Peso de tierra para mortero por unidad (kg)	% Cal (Para mortero-kg)	% Cal (Para mortero-kg por unidad)	% Yuca unidad (Para mortero)	% Yuca 1 (Para mortero por unidad)	% Yuca 2 (Para mortero por unidad)	% Yuca 3 (Para mortero por unidad)	% Yuca 4 (Para mortero por unidad)	% Yuca 5 (Para mortero por unidad)
30.00	0.08	0.16	0.0015	0.00	0.66	0.02	0.07	0.0022	0.0011	-	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004



*Ilustración 92 Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para el ensayo de tracción del mortero (mortero)*



*Ilustración 93 Pesaje de la cal para el ensayo de tracción del mortero (mortero)*

Tierra kg (Total)	% Cal (Total)	% Yuca (Total)
34.46	3.45	0.34
182.67	18.27	1.83
71.23	7.12	0.71
29.40	2.94	0.29
29.40	2.94	0.29

*Ilustración 94 Cantidad total de cal y de yuca por utilizar para las unidades patrón y experimentales (expresado en kilogramos)*

***Para las pilares y muretes a ensayar***

De la misma manera que la metodología anterior, se calcula el peso de cada unidad (para pilares y muretes)

*Tabla 21 Determinación de los pesos de cada unidad para pilas y muretes por ensayo*

Ensayo	Muestras	Cantidad de ensayos	Muestras totales	Unidades en Y	Unidades en X	Ancho (m)	Largo (m)	Alto (m)	Peso de tierra para 1 unidad (kg)
Compresión (murete)	2.00	6.00	12.00	3.00	1.00	0.10	0.20	0.10	2.30
Tracción 1 (murete) mort.horiz	2.00	6.00	12.00	6.00	3.00	0.10	0.20	0.10	2.30
Tracción 2 (murete) mort.vert	2.00	6.00	12.00	6.00	3.00	0.10	0.20	0.10	-
Inundación mort horiz	2.00	2.00	4.00	8.00	6.00	0.10	0.20	0.10	2.30
Inundación mort vert	2.00	2.00	4.00	8.00	6.00	0.10	0.20	0.10	1.13

Una vez calculado el peso de cada unidad por realizar, se continua con el cálculo de la cantidad de cal y fibra de cáscara de yuca en base al porcentaje óptimo por determinar.

*Tabla 22 Diseño de mezcla de las unidades conformantes de pilares y muretes*

Ensayo	Unidades en Y	Unidades en X	Peso de tierra para 1 unidad (kg)	10% Cal (Por unidad-gr)	% Yuca TOTAL (Por unidad-gr)
Compresión (murete)	3.00	1.00	2.30	0.229712	0.011486
Tracción 1 (murete) mort.horiz	6.00	3.00	2.30	0.229712	0.011486
Tracción 2 (murete) mort.vert	6.00	3.00	-	-	-
Inundación mort horiz	8.00	6.00	2.30	0.229712	0.011486
Inundación mort vert	8.00	6.00	1.13	0.113000	0.005650



*Ilustración 95 Pesaje de la fibra de cáscara de yuca para los ensayos de pilares y muretes*



*Ilustración 96 Pesaje de la cal para los ensayos de pilares y muretes*

### ***Obtención de la ceniza de fibra de cáscara de yuca***

Se llevó un total de 65 kilos de fibras de cáscara de yuca embalados en cajas y en sacos (es la cantidad neta de fibra de cáscara de yuca) en un taller artesanal. Después de seguir los procedimientos descritos desde la *Ilustración 22* hasta la *Ilustración 27* se obtuvieron 10 kilos de ceniza aproximadamente. Por otra parte, se identifica que el % pasante del tamiz de malla #30 de ceniza de cáscara de yuca es de 51%.

### *Elaboración de los bloques de tierra in situ*

Se deja fermentar la tierra a usar uno o dos días según se crea necesario.



*Ilustración 97 Visualización del barro dormido después de 1 día*

Una vez dormido el barro, se mezcla la cantidad de cal a usar según el ensayo que se va a realizar.



*Ilustración 98 Mezclado del barro fermentado con cal*

Según la dimensión de las unidades por realizar se tantea la cantidad de barro necesaria para la elaboración de los unidades de mampostería de tierra



*Ilustración 99 Proceso de elaboración manual de las unidades de mampostería de tierra sin cocer*

Se realiza las muestras patrón de cada ensayo como se puede visualizar a continuación (con cal y sin fibra)



*Ilustración 100 Unidades patrón respectivas para cada ensayo*

Después se continúa con las demás muestras experimentales en donde se repartió la cantidad adecuada de fibra según el diseño de mezcla elaborado anteriormente. (Para su posterior correcta recolección se colocó nomenclatura a cada unidad, según el tipo de ensayo a la cual iban dirigidas y la dosificación empleada de fibra)



*Ilustración 101 Colocación de las fibras de cáscara de yuca en el núcleo interno de los bloques de tierra reforzada*



*Ilustración 102 Alisado manual de las unidades de adobe*



*Ilustración 103 Acabado de las unidades de adobe*



*Ilustración 104 Codificación respectiva para cada unidad de adobe según tipo de ensayo y dosificación empleada*

Una vez terminado la realización de los adobes, para evitar su rápida contracción por estar expuestas al sol, se tapan con una lona.

## Ensayos en laboratorio

### *Ensayo de resistencia a la compresión de la muestra de adobe*

- a. Se coloca nomenclatura a las unidades de adobe por ensayar.



*Ilustración 105 Nomenclatura respectiva de las muestras de adobe a ensayar a compresión*

- b. Pesar cada muestra según la dosificación empleada (enumerar cada unidad para no perder su característica)



*Ilustración 106 Pesaje de los cubos de adobe que serán sometidos a compresión*

- c. Tomar las medidas de ancho y largo de cada muestra.

- d. Aplicar cargas dadas por la máquina compresora hasta que el material presente rotura.



*Ilustración 107 Carga final aplicada sobre el cubo de adobe patrón en el cual este último presento rotura*



*Ilustración 108 Estado inicial del cubo patrón antes de revisar su núcleo interno*



*Ilustración 109 Revisión final del estado de rotura del adobe patrón*



*Ilustración 110 Carga final aplicada sobre el cubo de adobe con 2% de fibra de cáscara de yuca en el cual este último presentó rotura*



*Ilustración 111 Revisión final del estado de rotura del adobe con dosificación del 2% de fibra de cáscara de yuca*

***Ensayo de resistencia a la tracción de la muestra de adobe***

- a. Una vez se elaboran las unidades o muestras cilíndricas se toman las medidas de su diámetro y altura.



*Ilustración 112 Nomenclatura respectiva de las muestras de adobe a ensayar a tracción*



*Ilustración 113 Medida de la altura del cilindro con el pie de rey*



*Ilustración 114 Medida del diámetro del cilindro*

- b. Se someten las unidades a la carga aplicada por la máquina compresora.



*Ilustración 115 Calibración de la máquina compresora*



*Ilustración 116 Ajuste de la carga aplicada sobre la probeta cilíndrica*



*Ilustración 117 Carga resultante al romperse la probeta cilíndrica perpendicular a su centro*



*Ilustración 118 Observación de la falla perpendicular en la probeta cilíndrica*



*Ilustración 119 Estado de falla de las unidades cilíndricas A*



*Ilustración 120 Estado de falla de las unidades cilíndricas 0.5Y*



*Ilustración 121 Estado de falla de las unidades cilíndricas 1Y*



*Ilustración 122 Estado de falla de las unidades cilíndricas 1.5Y*



*Ilustración 123 Estado de falla de las unidades cilíndricas 2Y*

### ***Ensayo de tracción indirecta del mortero***

- a. Se preparan las unidades con las medidas anteriormente indicadas, una vez dejadas secar al sol durante 28 días se prepara la mezcla con la misma dosificación de la unidad y se une dos bloques de adobe.



*Ilustración 124 Nomenclatura respectiva de las muestras de adobe a ensayar a tracción indirecta sobre el mortero*



*Ilustración 125 Colocación del mortero sobre la unidad de adobe después de una semana*



*Ilustración 126 Comprobación de la junta de 1.5 cm*



*Ilustración 127 Colocación de la fibra de cáscara de yuca en el núcleo de la mezcla del barro y cal*

- b. Ensayar cada bloque de adobe tomando en cuenta el área de contacto en la Ecuación 11.



*Ilustración 128 Estado final del mortero después de aplicar la carga a tracción indirecta sobre este de las unidades propuestas (0.5Y, 1Y, 1.5Y y 2Y)*

### *Ensayo de absorción de humedad*

- a. Se pesan las 5 muestras por cada dosificación descrita para determinar su peso en estado seco.



*Ilustración 129 Nomenclatura respectiva de las unidades a someter a absorción durante 5 minutos*

- b. Se someten las muestras a agua fría al tiempo indicando anteriormente en la metodología (5 minutos aproximadamente).



*Ilustración 130 Colocación de las 5 muestras de adobe propuestas según su dosificación respectivamente (A, 0.5Y, 1Y, 1.5Y y 2Y)*

Como se puede observar en la ilustración de arriba, todas las muestras propuestas presentaban desmoronamiento al estar inmersas en agua tan solo 5 minutos. Una vez pasado estos se dejan reposar 5 minutos más y se pesa la muestra en su estado final.



*Ilustración 131 Extracción de las muestras una vez pasado los 5 minutos de sumersión en el agua*

- c. Una vez retirado la muestra, se limpia el agua superficial y se pesa después de 5 minutos de dejarlo en reposo.



*Ilustración 132 Peso de las muestras sumergidas en agua una vez pasado 5 minutos*

### ***Ensayo de succión de humedad***

- d. Se ubica el recipiente destinado para agua en una superficie nivelada y limpia.



*Ilustración 133 Nomenclatura respectiva de las unidades que se sometieron a succión*

- e. Sobre la bandeja se incorporan los soportes metálicos y se agrega el agua hasta  $3\text{ mm} \pm 0.25\text{ mm}$  encima de ellos.



*Ilustración 134 Instalación de los soportes metálicos y colocación del agua hasta 3 mm encima del borde superior de estos.*

- f. Se registra las dimensiones que estarán en contacto con el agua.



*Ilustración 135 Medida con el pie de rey de las dimensiones de las unidades de adobe.*

- g. Se coloca la muestra en los soportes en un lapso de  $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ .



*Ilustración 136 Colocación de la unidad en la bandeja con agua*

- h. En el lapso de 1 minuto si se observa que el nivel de 3 mm baja, con el agua restante contenido en el recipiente se coloca agua hasta llegar al nivel de 3mm y se trata de mantener este nivel hasta pasado 1 minuto.
- i. Se retira la muestra se seca relativamente durante 10 segundos y para luego pesar la muestra después de 2 minutos.



*Ilustración 137 Extracción de la muestra una vez pasado 1 minuto.*

- j. Se calcula y se registra el promedio de los valores de la succión de lo ensayado, con una aproximación de 0.1 gr/min/200 cm<sup>2</sup>.



*Ilustración 138 Pesado de la muestra de adobe una vez pasado los 2 minutos.*

### ***Ensayo de compresión de las pilas de adobe***

- a. Se construyen las pilas de adobe conformadas por 3 adobes de 9 cm de ancho, 18 cm de largo y 12 cm de alto unidos con un espesor de mortero de 1 cm.



*Ilustración 139 Elaboración de las unidades de bloque de tierra conformado por la fibra y ceniza de cáscara de yuca en % óptimo.*

- b. Una vez secados durante 28 días cada unidad, se remoja cada una en un intervalo de 15 a 30 segundos previo al asentado.



*Ilustración 140 Unidades de bloques de tierra separadas según su composición*



*Ilustración 141 Remojo de los bloques de tierra antes del asentado de 15 a 30 segundos*



*Ilustración 142 Preparación del mortero antes del asentado de las unidades de tierra sin cocer*



*Ilustración 143 Asentado de los bloques*



*Ilustración 144 Comprobación de 1 cm de espesor del mortero*



*Ilustración 145 Último asentado del pilar*



*Ilustración 146 Reposo de las muestras ante el sol por 28 días*

- c. Tomar las medidas de ancho y largo de cada pila.



*Ilustración 147 Marcado con plumón azul para medir el espesor del mortero*

- d. Ensayar cada pila con la carga compresora.



e.

*Ilustración 148 Colocación de la pila dentro de la máquina compresora*



*Ilustración 149 Ajuste de la carga durante la realización de ensayo*

*Ensayo de tracción indirecta o compresión diagonal de los muretes*

- a. Se construyen los muretes considerando que su alto y largo deben tener dimensiones aproximadas de 65cm x 65cm o preferiblemente de forma cuadrada.



*Ilustración 150 Preparación de las mezclas propuestas*



*Ilustración 151 Asentado de adobes para muretes*



*Ilustración 152 Muretes de muestras experimentales*

- b. Aplicar las cargas sobre el murete de adobe.



*Ilustración 153 Aplicación de la carga de manera manual en la máquina de tracción diagonal*

#### Ensayo de inundación

- a. Se construyen 3 piscinas conformada por unidades de albañilería, cuyo interior estará impermeabilizado con impermeabilizante (Chema Seal) para contener el agua al que se someterá el muro.

*Tabla 23 Medida de ancho, largo y alto de las caras externas e interna de las pozas*

	Medidas de caras internas		Medidas de caras externas	
Altura	39	cm	39	cm
Ancho	29	cm	46	cm
Largo	145	cm	163.5	cm

*Tabla 24 Nomenclatura de muros (patrón, yuca y ceniza)*

Nomenclatura	Muros
MP	Muro conformado por bloques de tierra estabilizado con 10% de cal y 0% de fibra de cáscara de yuca
MY	Muro conformado por bloques de tierra estabilizado con 10% de cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca
MC	Muro conformado por bloques de tierra estabilizado con 10% de cal y 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca



*Ilustración 154 Marcado con tiza de las dimensiones externas e internas de las pozas*



*Ilustración 155 Poza de albañilería impermeabilizada para MP*



*Ilustración 156 Poza de albañilería impermeabilizada para MC*



*Ilustración 157 Poza de albañilería impermeabilizada para MY*

- b. Se construyen los muros considerando 1.14 m. de ancho con 0.728 m de alto con un espesor de muro en sogá (0.12m).



*Ilustración 158 Muro Patrón asentado en su respectiva poza de albañilería*



*Ilustración 159 Muro Yuca asentado en su respectiva poza de albañilería*



*Ilustración 160 Muro Ceniza asentado en su respectiva poza de albañilería*

- c. Medir cada 5 minutos el % de absorción y la altura de capilaridad. Así también el tiempo de derrumbe.



*Ilustración 161 Muro Patrón sometido a inundación (se puede observar gran cantidad de espuma)*



*Ilustración 162 Muro Yuca sometido a inundación (se puede observar agua clara en la parte derecha, en los demás contornos se generó espuma, pero en menor cantidad que el patrón)*



*Ilustración 163 Muro Ceniza sometido a inundación (se puede observar agua con cierta cantidad de espuma, algo mayor al de la yuca)*

### ***Plan de procesamiento***

Para corroborar la validación de la hipótesis, se describen los pasos que se realizarán:

### **FASE I: INVESTIGACIÓN PRELIMINAR.**

1. Recojo de la información bibliográfica relacionada con el tema de estudio.

2. Análisis de la información revisada.
3. Revisión de normas o criterios, que estén relacionados con la elaboración de muestras de adobe.
4. Investigación de los ensayos por realizar.

## **FASE II: OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES**

5. Obtención de los materiales que se usarán durante los ensayos.
6. Obtención de las muestras de suelo.
7. Proceso de secado de las cáscaras de yuca durante 3 días al sol para eliminar el ácido cianhídrico que contienen.
8. Realización de los estudios de caracterización física de las muestras de tierra, fibra de cáscara de yuca y ceniza de cáscara de yuca (ensayo de fluorescencia de rayos X y análisis térmico diferencial).
9. Incineración de la cáscara de yuca en un horno artesanal (tomando de referencia la temperatura obtenida de los ensayos en laboratorio-análisis térmico diferencial)
10. Realización de los ensayos de selección in situ (Cinta de barro y Resistencia seca) y de laboratorio (límite líquido, plástico, índice de plasticidad, granulometría, peso específico y contenido de humedad) con el fin de determinar el tipo de suelo encontrado.
11. Realización de los pasos 9 y 10 si es que el suelo obtenido no cumple con el suelo solicitado por la norma E-080.
12. Realización del ensayo de control de calidad de agua para la construcción.
13. Búsqueda de agua adecuada para la elaboración de los adobes de no cumplirse la calidad adecuada en el paso 12.

## **FASE III: REALIZACIÓN DE LOS DISEÑOS DE MEZCLAS Y ELABORACIÓN DE LAS MUESTRAS DE ADOBE.**

14. Realización de los diseños de mezcla según lo establecido en la E-080 Diseño y Construcción de Tierra Reforzada
15. Elaboración de las muestras de adobe y realización de ajustes de ser necesarios.

## **FASE IV: REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE LAS MUESTRAS EXPERIMENTALES.**

16. Realización de los ensayos de resistencia a la compresión, tracción y absorción y succión de humedad en las muestras de adobe convencional y adobes experimentales estabilizados con 10% de cal y con 0.5, 1.5 y 2% de cáscara de yuca.

17. Realización del ensayo de tracción indirecta de morteros convencionales y morteros experimentales con lo propuesto anteriormente.
18. Análisis de los resultados obtenidos anteriormente para determinar el porcentaje más adecuado en las unidades de adobe experimentales.
19. Realización de los ensayos de compresión, tracción indirecta y de inundación simulada sobre muretes de adobe (muestra con las mejores propiedades de absorción, tracción y compresión) y muretes de bloques con ceniza de cáscara de yuca en el mismo porcentaje que la fibra de cáscara de yuca.
20. Análisis de resultados entre las propiedades mecánicas de los dos muretes con las mejores propiedades en sus unidades de adobe.
21. Análisis de las propiedades físico-mecánicas del mejor porcentaje de la fibra de cáscara de yuca y la ceniza de cáscara de yuca (esta última en su mismo porcentaje que el anterior) al ser aplicadas en los bloques de tierra reforzada.

#### **FASE V: ELABORACIÓN FINAL DEL INFORME**

22. Análisis de resultados de las propiedades obtenidas.
23. Validación de la hipótesis
24. Redacción de la conclusiones y recomendaciones
25. Colocación de los anexos

#### ***Herramientas***

Se realizó uso de herramientas informáticas para la obtención de la información, plataforma virtual de la universidad para acceder a artículos de calidad, uso de los equipos necesarios para los ensayos, entre otros.

## Resultados y discusión

### Resultados

#### Ensayos químicos

#### Análisis térmico diferencial de las cenizas de cáscara de yuca

##### 1. MUESTRA: CENIZA DE CÁSCARA DE YUCA (10. GR)

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	50 MG	

Ilustración 164 Cantidad de muestra ensayada para la realización del ATD

##### 4. RESULTADOS

##### e. CURVA TGA Y ATD

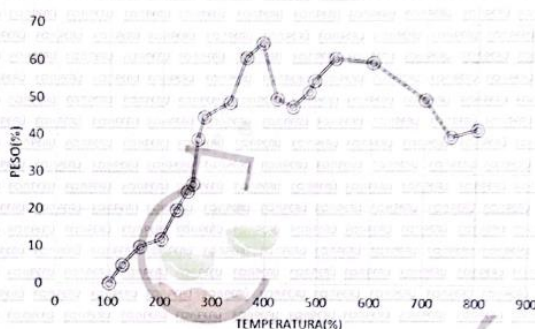


Ilustración 165 Curva de Análisis Térmico Diferencial

##### 5. CONCLUSIONES

- Para la presente investigación de la CENIZA DE CÁSCARA DE YUCA, El material llega a perder un aproximado de 21% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.
- El análisis termo gravimétrico de CENIZA DE CÁSCARA DE YUCA, indica un pico de temperatura máxima de 394 °C por un periodo de tiempo de 1.5hr. entre 310 y 420 °C

##### Ilustración 166 Resultados del ensayo de TGA

Los resultados muestran que la temperatura óptima de calcinación para la obtención de la ceniza de la cáscara de yuca es de 394°C en condiciones de laboratorio, manteniendo esta temperatura en 1.5 hr en un intervalo de 310 a 420 °C. Así también indica que se pierde un aproximado del 21% de masa del peso total de la yuca al ser convertido en ceniza. Este valor es importante considerarlo para determinar la cantidad real de cáscara de yuca para conseguir la cantidad de ceniza, determinada después del análisis del mejor porcentaje de fibra de cáscara de yuca.

### Fluorescencia por rayos X de las cenizas de cáscara de yuca

**4. RESULTADOS**

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O <sub>2</sub> )	56.19	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	13.07	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14.11	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.39	
OXIDO DE POTASIO (K <sub>2</sub> O)	3.17	
OXIDO DE TITANIO (Ti O)	0.12	
OXIDO DE ESTRONCIO (Sr O)	<0.01	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.19	
DIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> )	0.043	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.03	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	<0.01	
PÉRDIDA POR QUEMADO	10.69	

#### Ilustración 167 Resultados del ensayo de fluorescencia de rayos X de la ceniza

A partir de lo obtenido en laboratorio, se observa que el compuesto químico que posee en mayor cantidad la ceniza de cáscara de yuca es el dióxido de silicio (Si O<sub>2</sub>) con un 56.19% en su composición, seguido del trióxido de aluminio (Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub>) con 14.11% y el óxido de calcio (Ca O) con 13.07%.

En investigaciones anteriores, la aplicación de cenizas de otros materiales ricos en óxido de silicio han brindado mejoras notables en los comportamientos mecánicos de los bloques de tierra reforzada [30]. Esto debido a que ayuda a reducir el contenido de humedad (actúa como desecante) [31] y mejora el comportamiento mecánico en las partículas de arcilla al actuar como un cementante.

### Composición química de las fibras de cáscara de yuca


**ANÁLISIS BROMATOLÓGICO:**

Composición química proximal de la Fibra de la cáscara de yuca en 100g. de materia.

CÓDIGO DE MUESTRA	FIBRA DE LA CÁSCARA DE YUCA	
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADO
CARBONO	%	34.6 ± 0.5
HIDRÓGENO	%	3.16 ± 0.5
NITRÓGENO	%	0.23
AZUFRE	%	0.11 ± 0.02
CENIZAS	%	1.64 ± 0.05
PECTINA	%	2.86
LIGNINA	%	2.09
CELULOSA	%	19.68
HEMICELULOSA	%	6.43

\*MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:  
Proteína: NTP 205 903 779; Grasa: NTP 205 006/80; Humedad: NTP 205 002/79; Cenizas: NTP 205 004/79 y esbozo de método por cálculo.

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2023



#### Ilustración 168 Composición química de la cáscara de yuca

A partir de la ilustración anterior, se observa que el carbono con 34.6% de composición es el que está presente en mayor cantidad en la fibra de cáscara de yuca, (esto significa la alta

cantidad de carbohidratos solubles, los cuales han sido investigados que ayudan a la capacidad de absorción y succión del adobe) [32], otro valor resaltante es el nitrógeno con un 0.23%, el cual en pocas cantidades [4] aporta cohesión entre las partículas del suelo.

Por otra parte, se observa la cantidad de celulosa, lignina y hemicelulosa cuya relación es 4:0.4:1.31 que se puede constatar con lo evidenciado por Claudia [33], cuya relación de estos componentes es 4:4:3 para la mayoría de materiales lignocelulósicos, esto indica que la lignina se encuentra en poca cantidad en la fibra de cáscara de yuca.

### *Caracterización física de la muestra de suelo seleccionada*

*Tabla 25 % de arcilla, limo y arena en el suelo d estudio*

<b>Análisis de %</b>	<b>Arcilla</b>	<b>Limo</b>	<b>Arena</b>
<b>E-080</b>	10-20	15-25	55-70
<b>Muestra de suelo</b>	17.37	26.52	56.11

Respecto a la caracterización físico química realizada en la muestra de suelo seleccionada para la elaboración del adobe, su composición de arcilla, limo y arena (composición real: 17.37%, 26.52% y 56.11% respectivamente) están dentro del rango indicado por la norma E-080 (composición según norma: 10%-20%, 15%-25% y 55%-70% respectivamente)

### *Calidad del agua*

*Tabla 26 Caracterización del agua*

<b>Método</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Resultado</b>	<b>LMP</b>
Turbiedad	NTU	13.4	5
pH		7.35	6.5 a 8.5
Conductividad	uS/cm	633	1500
Sólidos totales	ppm	315	1000
Cloruros	mg Cl/L	31.09	250
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /L	5643	250
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	88	500
%NaCl	%	1.2	0

Según los resultados obtenidos, se determina que el agua a utilizar presente en la cantera de Guanabal es apta a usar para los materiales de construcción. Pues cumple con todos los límites máximos permisibles indicados por la norma “Standar Methods 24th Edition” [34], a excepción del valor de turbidez y la cantidad de sulfatos presente, ambos indicadores se deben tomar en

cuenta como influyen en las propiedades que se estudiarán en las unidades de la presente investigación.

### *Ensayos en laboratorio*

#### *Contenido de humedad*

*Tabla 27 Contenido de humedad de la muestra de tierra seleccionada*

<b>Elemento</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Valor</b>	<b>Und</b>
Número de tara		1	
Peso de muestra húmeda+tara	Mcws	580	gr
Peso de muestra seca-seca al horno+tara	Mcs	520.42	gr
Peso del agua	Mw	59.58	gr
Peso de tara	Mc	80	gr
Peso de la muestra seca al horno	Ms	440.42	gr
Contenido de humedad	w	13.53%	

El contenido de humedad resulta de 13.53%.

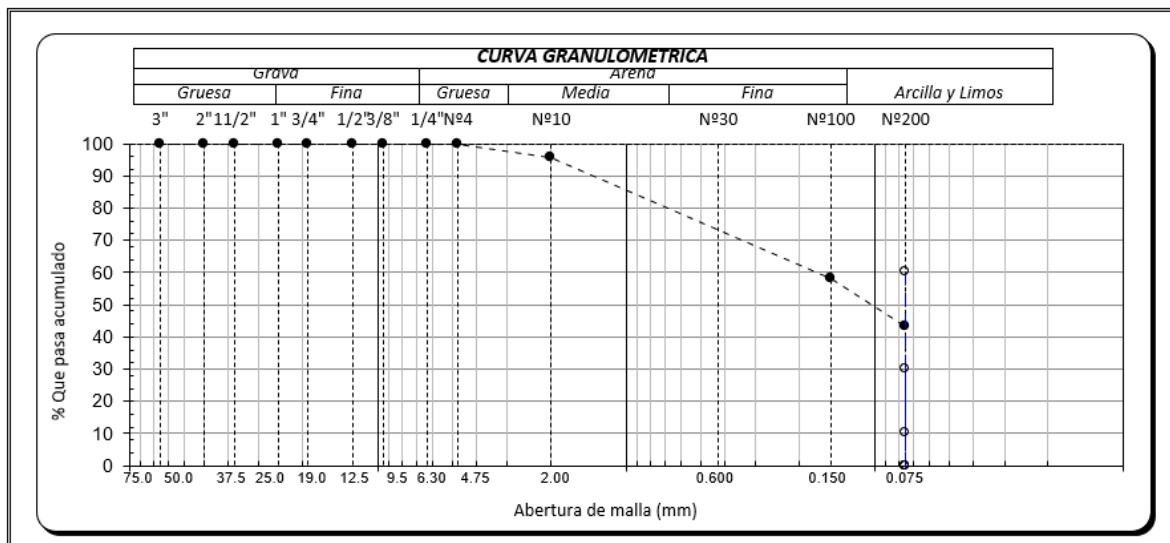
### *Análisis granulométrico*

*Tabla 28 Distribución granulométrica de la muestra de tierra seleccionada*

<b>TAMICES</b>		<b>% QUE</b>
<b>(Pul)</b>	<b>(mm)</b>	<b>PASA</b>
3"	75.000	100.0
2 1/2"	63.000	100.0
2"	50.000	100.0
1 1/2"	37.500	100.0
1"	25.000	100.0
3/4"	19.000	100.0
1/2"	12.500	100.0
3/8"	9.500	100.0
1/4"	6.300	100.0
Nº4	4.750	99.7
Nº10	2.360	95.8
Nº20	0.850	92.3
N40	0.425	87.6
Nº50	0.300	83.2
Nº100	0.150	58.0
Nº200	0.075	43.2
< Nº 200	FONDO	18.3

Se presenta el % de material que pasa en cada tamiz (se usaron los tamices Nº4, 10, 20, 40, 50, 100 y 200)

Tabla 29 Curva granulométrica de la muestra de tierra seleccionada



La curva granulométrica mostrada indica que la muestra de suelo posee cantidad moderada entre arcillas, limos (45%) y arena (55%).

### Límite líquido, plástico e índice de plasticidad

Tabla 30 Resultados de los ensayos de límites líquido y plástico

Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
	P18	P3	T6	L-10	L-5	L-12
N° de tarro	P18	P3	T6	L-10	L-5	L-12
N° de golpes	26	16	10.00			
Tarro + suelo húmedo	20.53	25.07	23.30	31.4	31.79	37.28
Tarro + suelo seco	17.61	20.87	19.01	30.15	29.73	35.24
Agua	2.92	4.2	4.29	1.25	2.06	2.04
Peso del tarro	7.28	6.95	5.92	17.66	18.09	21.37
Peso del suelo seco	10.33	13.92	13.09	12.49	11.64	13.87
Porcentaje de humedad	28.27	30.17	32.77	10.01	17.70	14.71

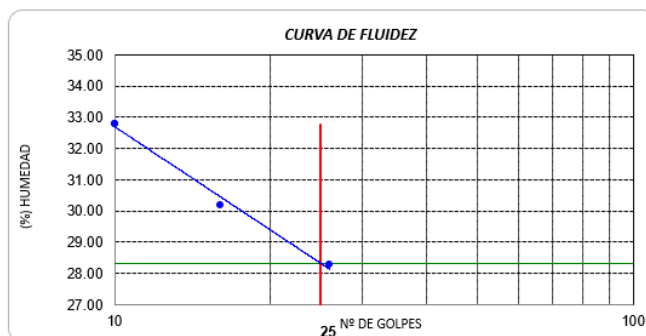
En base a los ensayos de límite líquido y plástico se determina que estos son respectivamente 28 y 14.

Tabla 31 Límite de Atterberg de la muestra de tierra escogida

LÍMITES DE ATTERBERG	
Límite Líquido	28.00
Límite Plástico	14.00
Índice de Plasticidad	14.00

El índice de plasticidad obtenido a partir del límite líquido y límite plástico es de 14.

Tabla 32 Curva de fluidez de la muestra de tierra seleccionada



La curva de fluidez muestra una línea recta que relacione mejor los 3 límites plásticos calculados anteriormente. El límite plástico se obtiene al relacionar 25 golpes con el contenido de humedad obtenido según la recta determinada.

### Clasificación SUCS

Tabla 33 Clasificación SUCS de la muestra de tierra seleccionada

DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
PESO TOTAL	:	346.32 g.
PESO LAVADO	:	197.03 g.
PESO FINO	:	346.32 g.
LIMITE LIQUIDO	:	28.3 %
LIMITE PLASTICO	:	13.94 %
INDICE PLASTICIDAD	:	14.37 %
CLASF. AASHTO	:	A-6 (3)
CLASF. SUCS	:	SC

Según la clasificación SUCS el suelo seleccionado es SC, es decir una arena arcillosa.

### Peso específico relativo

Tabla 34 Peso específico de la muestra de tierra seleccionada

Elementos	Fórmulas	Unidades	C-01	C-02	C-03
1. Nº de fiola			1	2	3
2. Peso de la fiola		g.	142.57	142.57	142.57
3. Peso de la muestra de suelo - seco		g.	259.57	186.50	185.29
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	(2+3)	g.	402.14	329.07	327.86
5. Peso de la muestra + Fiola + agua		g.	758.11	729.54	724.51
6. Peso de la fiola + peso de agua		g.	636.62	638.94	636.48
7. Peso específico relativo de sólidos ( $G_s$ )	$(3)/((3+6)-5)$	g/cm <sup>3</sup>	1.88	1.94	1.91

El peso específico relativo promedio de la muestra de tierra resultó de 1.91 gr/cm<sup>3</sup>.

***Peso unitario seco suelto y compactado******Tabla 35 Peso unitario suelto de la muestra de tierra seleccionada***

Peso Unitario del Suelo en Estado Natural Suelto MTC E 203-200				
Peso del Molde + Material suelto kg	Peso del Molde kg	Peso del Material kg	Volumen del Molde m3	peso x M3 kg/m3
6.244	4.824	1.42	1.34E-03	1,057.31

El peso unitario suelto de la muestra de tierra seleccionada resultó de 1057.31 kg/m<sup>3</sup>.

***Tabla 36 Peso unitario compactado de la muestra de tierra seleccionada***

Peso Unitario del Suelo en Estado Natural Compactado MTC E 203-200				
Peso del Molde + Material kg	Peso del Molde kg	Peso del Material kg	Volumen del Molde m3	peso x M3 kg/m3
6.37	4.824	1.54	1.34E-03	1,148.56

El peso unitario suelto de la muestra de tierra seleccionada resultó de 1148.56 kg/m<sup>3</sup>, este valor es el que se seleccionó para realizar la dosificación de mezcla respectiva de las unidades de adobe propuestas.

## Ensayos en las unidades de adobe

### Variación dimensional (resistencia a la compresión)

Tabla 37 Variación dimensional de las unidades sometidas a compresión

Nomenclatura	Descripción de la muestra	VD (Largo)	VD (Ancho)	VD (Altura)
AC	Adobe patrón	1.18%	0.82%	1.17%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	0.75%	1.15%	1.63%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	1.27%	1.21%	0.72%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	0.34%	0.80%	2.53%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	0.77%	1.07%	2.16%
<b>Promedio</b>		0.86%	1.01%	1.64%

La variación promedio de las distintas unidades en largo ancho y alto resultaron ser de 0.86%, 1.01% y 1.64% respectivamente para las unidades sometidas a compresión.

### Resistencia a la compresión

Tabla 38 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra control

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )
AC-1	113.01	110.68	101.80	1,722.70	13.77
AC-2	110.41	109.89	99.80	1,350.30	11.13
AC-3	111.03	110.36	98.78	2,175.70	17.76
AC-4	110.95	111.75	98.99	1,156.50	9.33
AC-5	110.79	111.10	101.31	1,824.60	14.82
AC-6	111.61	111.43	98.55	1,488.90	11.97
<b>MEJOR PROMEDIO</b>					14.58

Se observan los resultados del ensayo de resistencia a compresión de los cubos de tierra reforzada de 10 cm de arista (el valor mínimo es de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>) sin incorporación alguna de fibra de cáscara de yuca. Se calcula el promedio de los 4 mejores, cuyo valor es de 14.58 kgf/cm<sup>2</sup>.

Tabla 39 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )
A0.5-1	109.49	109.23	102.26	1,695.30	14.18
A0.5-2	109.66	107.98	98.83	1,593.90	13.46
A0.5-3	109.34	108.59	102.44	2,145.20	18.07
A0.5-4	108.99	110.33	98.63	1,635.40	13.60
A0.5-5	109.66	110.35	101.48	1,811.40	14.97
A0.5-6	112.06	112.69	101.06	1,282.60	10.16
<b>MEJOR PROMEDIO</b>					15.20

Estos son los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de los cubos de tierra reforzada de 10 cm de arista (el valor mínimo es de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores es de 15.20 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 40 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca*

<b>Adobes</b>	<b>Largo promedio (mm)</b>	<b>Ancho promedio (mm)</b>	<b>Altura promedio (mm)</b>	<b>Carga aplicada (kgf)</b>	<b>f'c (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
A1-1	113.03	112.43	99.40	1,218.90	9.59
A1-2	110.45	111.68	99.65	1,349.80	10.94
A1-3	107.35	111.23	98.94	1,787.40	14.97
A1-4	110.48	110.44	99.75	1,802.20	14.77
A1-5	109.45	109.66	99.00	1,511.60	12.59
A1-6	111.23	111.90	98.93	1,956.80	15.72
<b>MEJOR PROMEDIO</b>					14.51

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de los cubos de tierra reforzada de 10 cm de arista (el valor mínimo es de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 1% de fibra de cáscara de yuca. Al promediar los 4 mejores resulta un valor de 14.51 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 41 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca*

<b>Adobes</b>	<b>Largo promedio (mm)</b>	<b>Ancho promedio (mm)</b>	<b>Altura promedio (mm)</b>	<b>Carga aplicada (kgf)</b>	<b>f'c (kgf/cm<sup>2</sup>)</b>
A1.5-1	110.20	110.40	101.81	1,661.40	13.66
A1.5-2	110.01	109.85	102.00	1,458.20	12.07
A1.5-3	109.25	109.45	103.13	1,486.60	12.43
A1.5-4	110.73	110.13	103.45	1,540.20	12.63
A1.5-5	109.45	107.34	103.11	1,261.30	10.74
A1.5-6	109.96	108.64	101.66	1,776.10	14.87
<b>MEJOR PROMEDIO</b>					13.40

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de los cubos de tierra reforzada de 10 cm de arista (el valor mínimo es de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 1.5% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 13.40 kgf/cm<sup>2</sup>.

Tabla 42 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca

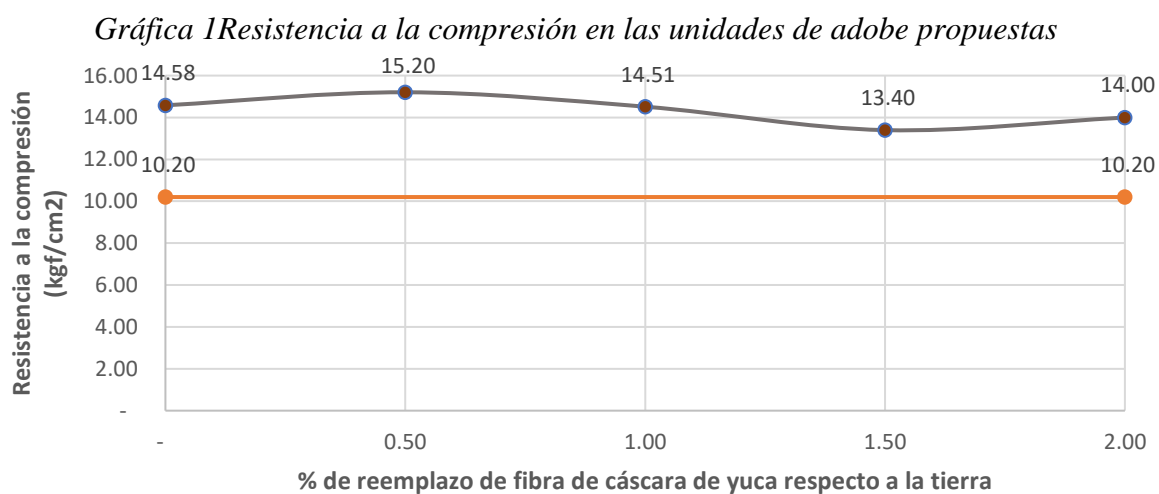
Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	f'c (kgf/cm <sup>2</sup> )
A2-1	108.78	107.94	101.65	1,652.30	14.07
A2-2	108.86	109.91	102.73	1,139.10	9.52
A2-3	109.39	111.33	100.80	1,730.90	14.21
A2-4	109.23	109.24	103.68	1,364.50	11.44
A2-5	111.15	111.41	102.18	1,835.10	14.82
A2-6	109.80	108.56	101.96	1,536.10	12.89
<b>MEJOR PROMEDIO</b>					14.00

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de los cubos de tierra reforzada de 10 cm de arista (el valor mínimo es de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 2% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 14 kgf/cm<sup>2</sup>.

Tabla 43 Resumen de resultados del ensayo de compresión

Nomenclatura	Descripción de la muestra	F'c promedio	% de mejora (respecto al de la norma)
AC	Adobe patrón	14.58	42.95%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	15.20	49.05%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	14.51	42.30%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	13.40	31.34%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	14.00	37.24%
<b>Mejor dosificación</b>		A0.5	

La tabla anterior muestra, de manera resumida, los resultados promedios del ensayo de compresión en las unidades patrón y unidades propuestas, resulta la mejor dosificación el de A0.5.



Se observa un incremento en el tramo de 0% a 0.5%, después un decremento de 0.5% a 1.5% y un ligero incremento de 1.5% a 2%.

### *Variación dimensional (tracción diametral)*

*Tabla 44 Variación dimensional de las unidades sometidas a tracción diametral*

Nomenclatura	Descripción de la muestra	VD (Largo)	VD (Diámetro)
AC	Adobe patrón	8.17%	6.67%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	4.33%	6.10%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	5.57%	6.60%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	7.60%	5.27%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	7.38%	5.07%
<b>Promedio</b>		6.61%	5.94%

La variación promedio de las distintas unidades en largo y diámetro resultaron ser de 6.61% y 5.94% respectivamente para las unidades sometidas a tracción diametral.

### *Tracción diametral*

*Tabla 45 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra control*

Adobes	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm <sup>2</sup> )
AC-1	289.10	140.00	1,229.10	1.93
AC-2	283.60	141.75	1,606.10	2.54
AC-3	278.90	146.35	998.50	1.56
AC-4	275.50	142.15	998.50	1.62
AC-5	291.00	144.20	1,364.00	2.07
AC-6	289.50	146.10	903.00	1.36
<b>MEJOR PROMEDIO</b>				2.04

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de las unidades de cilindro de adobe propuestas (el valor mínimo es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>) sin incorporación alguna de fibra de cáscara de yuca. Respecto al promedio de los 4 mejores se obtuvo del valor de 2.04 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 46 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm <sup>2</sup> )
A0.5-1	296.50	144.60	601.30	0.89
A0.5-2	296.50	140.85	1,528.30	2.33
A0.5-3	287.00	142.70	1,492.90	2.32
A0.5-4	295.80	152.30	1,510.80	2.13
A0.5-5	297.40	142.30	1,600.90	2.41
A0.5-6	306.90	141.83	1,346.10	1.97
<b>MEJOR PROMEDIO</b>				2.30

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de las unidades de cilindro de adobe propuestas (el valor mínimo es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 2.30 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 47 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm <sup>2</sup> )
A1-1	283.30	143.75	1,577.40	2.47
A1-2	291.60	142.50	1,446.00	2.22
A1-3	285.00	140.10	1,475.30	2.35
A1-4	289.00	144.45	1,169.30	1.78
A1-5	289.60	145.93	1,137.00	1.71
A1-6	289.40	144.80	1,223.20	1.86
<b>MEJOR PROMEDIO</b>				2.22

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de las unidades de cilindro de adobe propuestas (el valor mínimo es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 1% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 2.22 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 48 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm <sup>2</sup> )
A1.5-1	288.45	147.40	1,270.80	1.90
A1.5-2	285.90	146.20	986.00	1.50
A1.5-3	277.20	146.30	1,220.60	1.92
A1.5-4	282.80	143.55	1,380.50	2.16
A1.5-5	285.00	142.10	1,204.90	1.89
A1.5-6	291.00	142.68	1,701.50	2.61
<b>MEJOR PROMEDIO</b>				2.15

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de las unidades de cilindro de adobe propuestas (el valor mínimo es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 1.5% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 2.15 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 49 Resultados del ensayo de tracción diametral de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm <sup>2</sup> )
A2-1	286.00	144.40	1,263.70	1.95
A2-2	290.40	146.00	884.80	1.33
A2-3	287.00	142.40	1,424.10	2.22
A2-4	285.30	143.30	1,250.90	1.95
A2-5	284.70	145.40	1,478.40	2.27
A2-6	277.85	145.60	1,240.80	1.95
<b>MEJOR PROMEDIO</b>				2.10

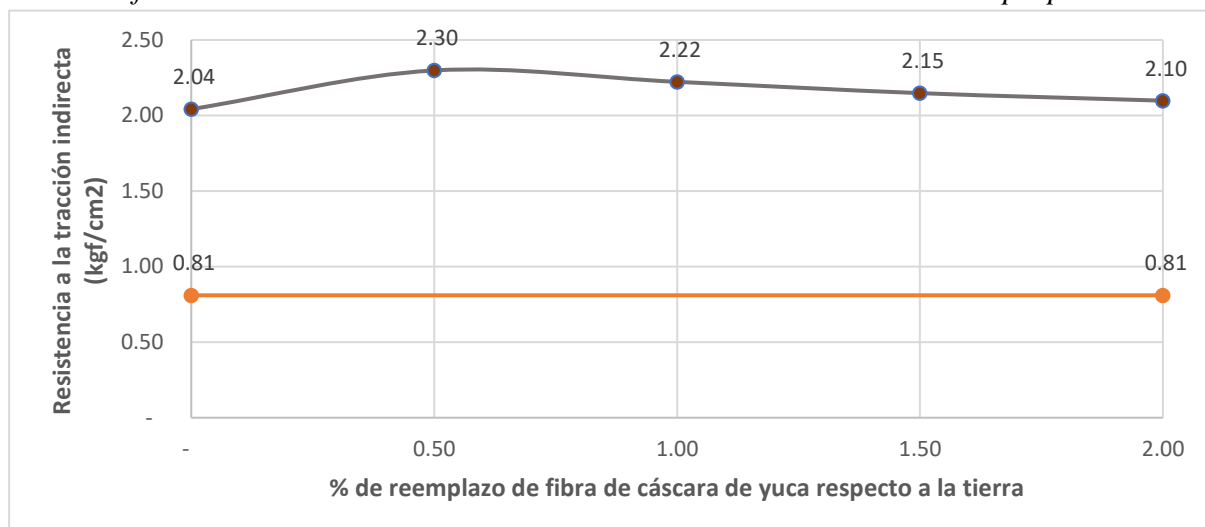
La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a compresión de las unidades de cilindro de adobe propuestas (el valor mínimo es de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 2% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 2.10 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 50 Resumen de resultados del ensayo de tracción diametral*

Nomenclatura	Descripción de la muestra	Resistencia a la tracción indirecta (kgf/cm <sup>2</sup> )	% de mejora (respecto al de la norma)
AC	Adobe patrón	2.04	152.14%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	2.30	183.75%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	2.22	174.44%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	2.15	165.21%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	2.10	159.03%
<b>Mejor dosificación</b>		A0.5	

La tabla anterior muestra, de manera resumida, los resultados promedios del ensayo de tracción diametral en las unidades patrón y unidades propuestas, resulta la mejor dosificación el de A0.5.

Gráfica 2 Resistencia a la tracción diametral en las unidades de adobe propuestas



Se observa un incremento en el tramo de 0% a 0.5%, después un decremento de 0.5% a 2%.

### Variación dimensional (absorción)

Tabla 51 Variación dimensional de las unidades sometidas a absorción

Nomenclatura	Descripción de la muestra	VD (Largo)	VD (Ancho)	VD (Altura)
AC	Adobe patrón	1.55%	3.08%	4.13%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	0.79%	4.50%	1.50%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	0.88%	4.10%	2.87%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1.16%	3.90%	0.62%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	0.43%	4.53%	5.03%
<b>Promedio</b>		<b>0.96%</b>	<b>4.02%</b>	<b>2.83%</b>

La variación promedio de las distintas unidades en largo ancho y alto resultaron ser de 0.96%, 4.02% y 2.83% respectivamente para las unidades sometidas a absorción.

### Absorción

Tabla 52 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra control

Adobes	Largo	Ancho	Altura	Peso seco	Peso húmedo sin	Peso húmedo con	% de pérdida de material	% de absorción
					restos (g)	restos (g)		
AC-1	149.85	73.04	67.88	1,340.00	1,275.00	1,595.00	24%	0.00%
AC-2	147.63	74.13	72.45	1,514.00	1,231.00	1,865.00	42%	0.00%
AC-3	147.56	72.55	69.79	1,477.00	1,372.00	1,732.00	24%	0.00%
AC-4	146.73	72.55	72.38	1,485.00	1,222.00	1,832.00	41%	0.00%
AC-5	147.68	72.69	71.90	1,522.00	1,195.00	1,637.00	29%	0.00%
<b>PROMEDIO</b>							<b>32%</b>	<b>0.00%</b>

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de absorción de las unidades de adobe propuestas sin incorporación alguna de fibra de cáscara de yuca. En todos los resultados se observa valores menores del peso seco respecto al húmedo, esto significa que las unidades

poseen nula capacidad de absorción, ese decir en vez de contener material en su interior, pierden material propio al ser sometidos a agua. Debido a su nula capacidad de absorción, tal y como se menciona en los procedimientos de ensayos, se decidió contabilizar el % de pérdida de material al someter a la unidad a absorción. El promedio de este % es de 32%.

*Tabla 53 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo sin restos (g)	Peso húmedo con restos (g)	% de pérdida de material	% de absorción
A0.5-1	148.96	73.10	68.55	1,499.00	1,268.00	1,642.00	25%	0.00%
A0.5-2	147.23	72.06	70.66	1,456.00	1,356.00	1,534.00	12%	0.00%
A0.5-3	148.38	73.21	71.25	1,480.00	1,349.00	1,762.00	28%	0.00%
A0.5-4	148.83	72.43	68.75	1,452.00	1,348.00	1,649.00	21%	0.00%
A0.5-5	148.81	71.63	73.88	1,505.00	1,389.00	1,624.00	16%	0.00%
					-	<b>PROMEDIO</b>	20%	0.00%

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de absorción de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de absorción. El promedio del % de pérdida es de 20%.

*Tabla 54 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio	Ancho promedio	Altura promedio	Peso seco (g)	Peso húmedo sin restos (g)	Peso húmedo con restos (g)	% de pérdida de material	% de absorción
A1-1	144.76	70.08	68.15	1,429.00	1,349.00	1,789.00	31%	0.00%
A1-2	147.35	72.05	70.98	1,449.00	1,346.00	1,569.00	15%	0.00%
A1-3	148.38	74.80	68.88	1,457.00	1,265.00	1,589.00	22%	0.00%
A1-4	147.63	72.00	69.55	1,384.00	1,235.00	1,710.00	34%	0.00%
A1-5	148.68	71.93	72.85	1,483.00	1,289.00	1,643.00	24%	0.00%
					-	<b>PROMEDIO</b>	25%	0.00%

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de absorción de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 1% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de absorción. El promedio del % de pérdida es de 25%.

*Tabla 55 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio	Ancho promedio	Altura promedio	Peso seco (g)	Peso húmedo sin restos (g)	Peso húmedo con restos (g)	% de pérdida de material	% de absorción
A1.5-1	148.24	72.90	69.93	1,413.00	1,305.00	1,731.00	30%	0.00%
A1.5-2	149.48	72.40	69.53	1,432.00	1,304.00	1,660.00	25%	0.00%
A1.5-3	147.80	71.79	70.80	1,401.00	1,205.00	1,711.00	36%	0.00%
A1.5-4	147.05	72.80	72.13	1,471.00	1,256.00	1,725.00	32%	0.00%
A1.5-5	148.26	72.08	74.54	1,332.00	1,248.00	1,693.00	33%	0.00%
					-	<b>PROMEDIO</b>	31%	0.00%

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de absorción de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 1.5% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de absorción. El promedio del % de pérdida es de 31%.

*Tabla 56 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de absorción de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo sin restos (g)	Peso húmedo con restos (g)	% de pérdida de material	% de absorción
A2-1	149.70	72.03	71.73	1,360.00	1,250.00	1,569.00	23%	0.00%
A2-2	152.38	74.08	69.35	1,395.00	1,235.00	1,698.00	33%	0.00%
A2-3	148.33	77.00	72.88	1,361.00	1,229.00	1,577.00	26%	0.00%
A2-4	148.85	73.28	72.11	1,435.00	1,246.00	1,600.00	25%	0.00%
A2-5	150.65	71.60	71.23	1,392.00	1,240.00	1,518.00	20%	0.00%
					-	<b>PROMEDIO</b>	25%	0.00%

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de absorción de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 2% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de absorción. El promedio del % de pérdida es de 25%.

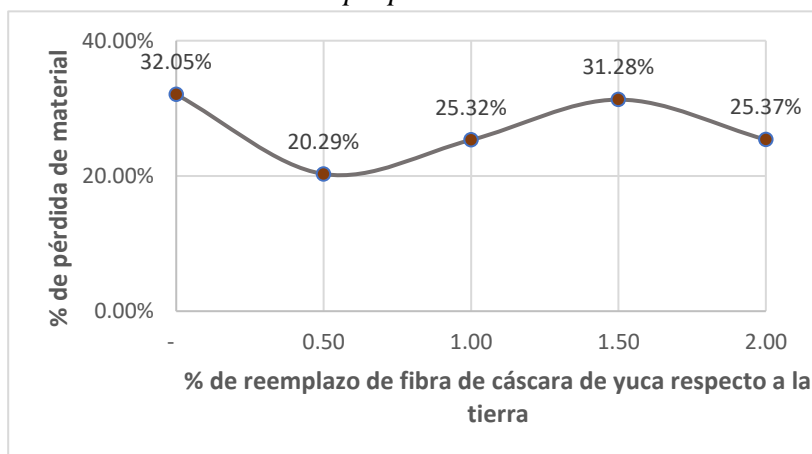
*Tabla 57 Resumen de resultados de % de material perdido al someter a ensayo de absorción al bloque de tierra*

Nomenclatura	Descripción de la muestra	% de pérdida de material
AC	Adobe patrón	32.05%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	20.29%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	25.32%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	31.28%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	25.37%
	<b>Mejor dosificación</b>	A0.5

La tabla anterior muestra, de manera resumida, los resultados promedios del ensayo de absorción en las unidades patrón y unidades propuestas. Pese a todas presentar nula capacidad

de absorción al resultar todos negativos, se decidió contabilizar el % de material perdido de todas las unidades propuestos. De tal manera, la mejor dosificación resultó ser la de A0.5.

*Gráfica 3 % de pérdida de material al ser sometidos a absorción las unidades de adobe propuestas*



Todos los valores de absorción resultaron negativos, debido a la pérdida de material presente después de haber sido sumergidos durante 5 minutos.

### Variación dimensional (succión)

Tabla 58 Variación dimensional de las unidades sometidas a succión

Nomenclatura	Descripción de la muestra	VD (Largo)	VD (Ancho)	VD (Altura)
AC	Adobe patrón	2.32%	2.19%	4.59%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	2.62%	4.82%	4.21%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	1.92%	3.81%	3.33%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1.20%	4.15%	2.04%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	0.67%	4.88%	2.56%
<b>Promedio</b>		1.74%	3.97%	3.35%

La variación promedio de las distintas unidades en largo ancho y alto resultaron ser de 1.74%, 3.97% y 3.35% respectivamente para las unidades sometidas a succión.

### Succión

Tabla 59 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra control

Adobes	Largo promedio	Ancho	Altura promedio	Altura de capilaridad	Peso seco	Peso húmedo sin restos	Peso húmedo con restos	% de pérdida de material	Succión (gr/min/200 cm2)
AC-1	146.51	71.00	71.60	21.25	1,367.00	1,351.00	1,396.00	3%	-
AC-2	147.03	72.03	63.88	20.75	1,274.00	1,250.00	1,332.00	6%	-
AC-3	145.44	71.88	68.10	20.00	1,432.00	1,398.00	1,470.00	5%	-
AC-4	147.25	71.71	66.58	21.75	1,392.00	1,350.00	1,464.00	8%	-
AC-5	146.39	71.05	66.98	21.75	1,440.00	1,360.00	1,481.00	8%	-
<b>PROMEDIO</b>								6%	-

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de succión de las unidades de adobe propuestas sin incorporación alguna de fibra de cáscara de yuca. Se observa que las unidades no poseen capacidad de succión. De la misma manera que en el ensayo de absorción, se calcula el % de material perdido, el promedio de este valor es de 6% para las muestras control.

Tabla 60 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Altura de capilaridad promedio (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo sin restos	Peso húmedo con restos	% de pérdida de material	Succión (gr/min/200 cm2)
A0.5-1	145.25	70.85	68.28	18.00	1,389.00	1,356.00	1,436.00	6%	-
A0.5-2	145.85	70.15	64.63	17.50	1,378.00	1,369.00	1,403.00	2%	-
A0.5-3	146.38	72.33	66.70	18.50	1,359.00	1,349.00	1,409.00	4%	-
A0.5-4	146.58	71.30	67.48	16.00	1,375.00	1,365.00	1,401.00	3%	-
A0.5-5	146.30	72.30	68.18	15.50	1,394.00	1,380.00	1,425.00	3%	-
<b>PROMEDIO</b>								4%	-

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de succión de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de succión. El promedio del % de pérdida es de 3.7%.

*Tabla 61 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Altura de capilaridad promedio (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo sin restos	Peso húmedo con restos	% de pérdida de material	Succión (gr/min/200 cm2)
A1-1	146.01	71.18	68.98	19.75	1,405.00	1,402.00	1,468.00	5%	-
A1-2	148.35	72.33	69.98	18.00	1,419.00	1,405.00	1,483.00	5%	-
A1-3	146.53	76.74	66.85	19.00	1,299.00	1,280.00	1,357.00	6%	-
A1-4	147.43	72.15	66.33	18.25	1,364.00	1,348.00	1,385.00	3%	-
A1-5	147.28	71.80	66.23	19.25	1,397.00	1,368.00	1,439.00	5%	-
<b>PROMEDIO</b>								5%	-

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de succión de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 1% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de succión. El promedio del % de pérdida es de 4.78%.

*Tabla 62 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Altura de capilaridad promedio (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo sin restos	Peso húmedo con restos	% de pérdida de material	Succión (gr/min/200 cm2)
A1.5-1	149.51	72.90	69.05	16.75	1,397.00	1,380.00	1,456.00	5%	-
A1.5-2	148.33	72.90	70.50	14.75	1,394.00	1,349.00	1,435.00	6%	-
A1.5-3	147.34	71.25	67.00	19.25	1,355.00	1,336.00	1,397.00	5%	-
A1.5-4	147.85	71.03	70.81	19.75	1,400.00	1,359.00	1,464.00	8%	-
A1.5-5	148.01	71.35	68.13	16.75	1,324.00	1,315.00	1,344.00	2%	-
<b>PROMEDIO</b>								5%	-

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de succión de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 1.5% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de succión. El promedio del % de pérdida es de 5%.

*Tabla 63 Resultados de % de material perdido al realizar el ensayo de succión de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Altura de capilaridad promedio (mm)	Peso seco (g)	Peso húmedo (kg)	Peso húmedo con restos	% de pérdida de material	Succión (gr/min/200 cm2)
A2-1	150.23	72.25	69.50	20.75	1,302.00	1,250.00	1,360.00	8%	-
A2-2	150.28	71.81	67.83	18.00	1,290.00	1,280.00	1,342.00	5%	-
A2-3	148.50	70.73	67.56	15.25	1,267.00	1,245.00	1,300.00	4%	-
A2-4	149.79	71.18	72.13	19.25	1,332.00	1,320.00	1,363.00	3%	-
A2-5	147.20	70.75	68.28	18.00	1,210.00	1,185.00	1,261.00	6%	-
<b>PROMEDIO</b>								5%	-

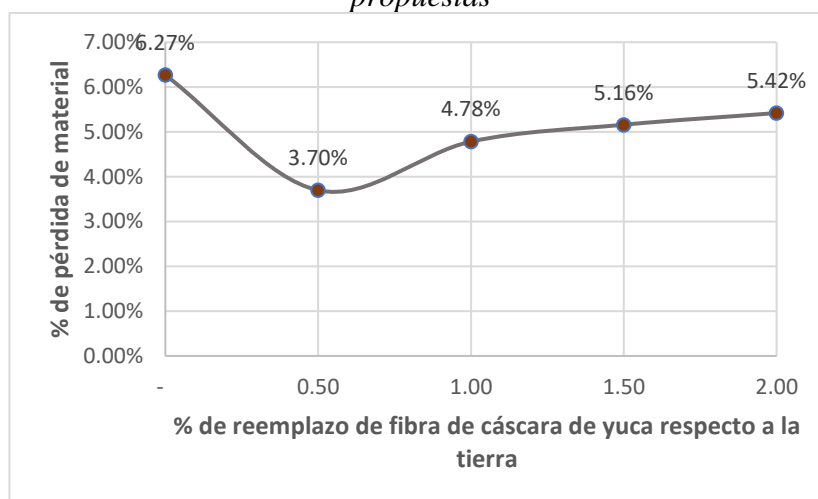
La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de succión de las unidades de adobe propuestas con incorporación del 2% de fibra de cáscara de yuca. De la misma manera que el anterior, las unidades no poseen capacidad de succión. El promedio del % de pérdida es de 5.42%.

Tabla 64 Resumen de resultados de % de material perdido al someter a ensayo de succión al bloque de tierra

Nomenclatura	Descripción de la muestra	% de pérdida de material
A0	Adobe patrón	6.27%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	3.70%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	4.78%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	5.16%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	5.42%
<b>Mejor dosificación</b>		<b>A0.5</b>

La tabla anterior muestra, de manera resumida, los resultados promedios del ensayo de succión en las unidades patrón y unidades propuestas. Pese a todas presentar nula capacidad de succión al resultar todos negativos, se decidió contabilizar el % de material perdido de todas las unidades propuestas. De tal manera, la mejor dosificación resultó ser la de A0.5.

Gráfica 4 % de pérdida de material al ser sometidos a succión las unidades de adobe propuestas



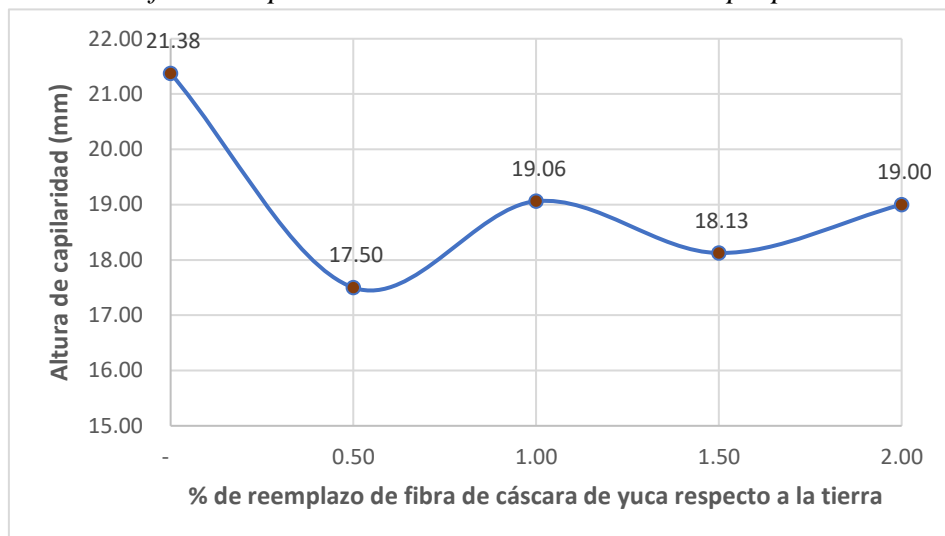
Se observa un decremento en el tramo de 0% a 0.5%, después un incremento de 0.5% a 1% y un ligero decremento de 1% a 2%.

Tabla 65 Resumen de resultados de la altura de capilaridad

Nomenclatura	Descripción de la muestra	Altura de capilaridad (mm)
AC	Adobe patrón	21.38
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	17.50
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	19.06
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	18.13
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	19.00
<b>Mejor dosificación</b>		<b>AC</b>

La tabla anterior muestra, de manera resumida, los resultados promedios de la altura de capilaridad en las unidades patrón y unidades propuestas.

*Gráfica 5 Capilaridad de las unidades de adobe propuestas*



Se observa un decremento en el tramo de 0% a 0.5%. ligero incremento de 0.5% a 1%, así también un ligero decremento de 1% a 1.5% y un ligero incremento de 1.5% a 2.5%..

### *Variación dimensional (Tracción indirecta en morteros)*

*Tabla 66 Variación dimensional de las unidades sometidas a tracción indirecta en morteros*

Nomenclatura	Descripción de la muestra	VD (Largo)	VD (Ancho)	VD (Altura)
AC	Adobe patrón	1.24%	6.75%	5.83%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1.55%	8.89%	8.77%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	2.08%	5.02%	8.43%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	2.87%	9.38%	6.51%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	2.14%	8.84%	8.61%
<b>Promedio</b>		1.98%	7.78%	7.63%

La variación promedio de las distintas unidades en largo ancho y alto resultaron ser de 1.98%, 7.78% y 7.63% respectivamente para las unidades sometidas a absorción.

### Tracción indirecta en morteros

Tabla 67 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra control

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta del mortero
AC-1	151.15	76.49	76.19	12.50	205.80	0.97
AC-2	149.66	74.98	73.92	12.50	214.60	1.05
AC-3	152.59	76.60	75.95	15.00	192.80	0.89
AC-4	147.35	73.95	75.25	7.50	380.50	1.90
AC-5	146.33	72.05	77.28	5.00	170.40	0.84
AC-6	149.23	73.53	73.43	15.00	195.50	0.95
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						1.22

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a tracción indirecta en el mortero de las unidades de adobe propuestas (el valor mínimo según la E.080 es de 0.12 kgf/cm<sup>2</sup>) sin incorporación alguna de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 1.22 kgf/cm<sup>2</sup>.

Tabla 68 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta del mortero
A0.5-1	152.33	77.69	77.25	15.00	196.90	0.89
A0.5-2	151.06	75.41	73.20	15.00	290.90	1.40
A0.5-3	151.09	74.16	74.26	15.00	300.50	1.43
A0.5-4	151.62	76.60	74.66	12.50	206.80	0.99
A0.5-5	151.67	72.89	73.39	15.00	300.40	1.44
A0.5-6	150.83	75.30	72.98	15.00	290.80	1.41
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						1.42

La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a tracción indirecta en el mortero de las unidades de adobe propuestas (el valor mínimo según la E.080 es de 0.12 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 1.42 kgf/cm<sup>2</sup>.

Tabla 69 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 1% de fibra de cáscara de yuca

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta del mortero
A1-1	152.05	76.19	75.75	15.00	220.30	1.02
A1-2	151.60	75.98	80.20	15.00	279.40	1.22
A1-3	152.82	77.23	73.26	15.00	187.70	0.89
A1-4	151.93	78.44	75.61	12.50	207.30	0.98
A1-5	153.12	77.88	75.11	12.50	211.60	1.00
A1-6	151.91	77.50	76.81	12.50	280.70	1.30
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						1.14

Se muestran los resultados del ensayo de resistencia a tracción indirecta en el mortero de las unidades de adobe propuestas (el valor mínimo según la E.080 es de 0.12 kgf/cm<sup>2</sup>) con

incorporación del 1% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 1.14 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 70 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 1.5% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta del mortero
A1.5-1	153.65	74.78	76.92	15.00	136.60	0.62
A1.5-2	154.31	74.92	76.39	15.00	150.80	0.68
A1.5-3	150.08	73.78	77.51	10.00	196.60	0.93
A1.5-4	152.62	73.74	74.79	15.00	210.80	0.98
A1.5-5	151.73	74.40	78.24	5.00	246.50	1.16
A1.5-6	146.80	72.50	75.43	10.00	257.10	1.27
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						1.08

Frente a lo observado de resistencia a tracción indirecta en el mortero de las unidades de adobe propuestas (el valor mínimo según la E.080 es de 0.12 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 1.5% de fibra de cáscara de yuca, se determina que el promedio de los 4 mejores resultados es de 1.08 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 71 Resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero de la muestra experimental de 2% de fibra de cáscara de yuca*

Adobes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Resistencia a la tracción indirecta del mortero
A2-1	153.21	77.20	73.11	15.00	238.70	1.14
A2-2	152.76	75.87	76.73	15.00	259.50	1.18
A2-3	148.71	75.42	78.77	15.00	246.90	1.12
A2-4	151.30	74.13	74.23	7.50	234.60	1.16
A2-5	149.08	72.93	78.21	12.50	213.60	0.99
A2-6	149.68	73.45	76.55	10.00	247.70	1.19
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						1.16

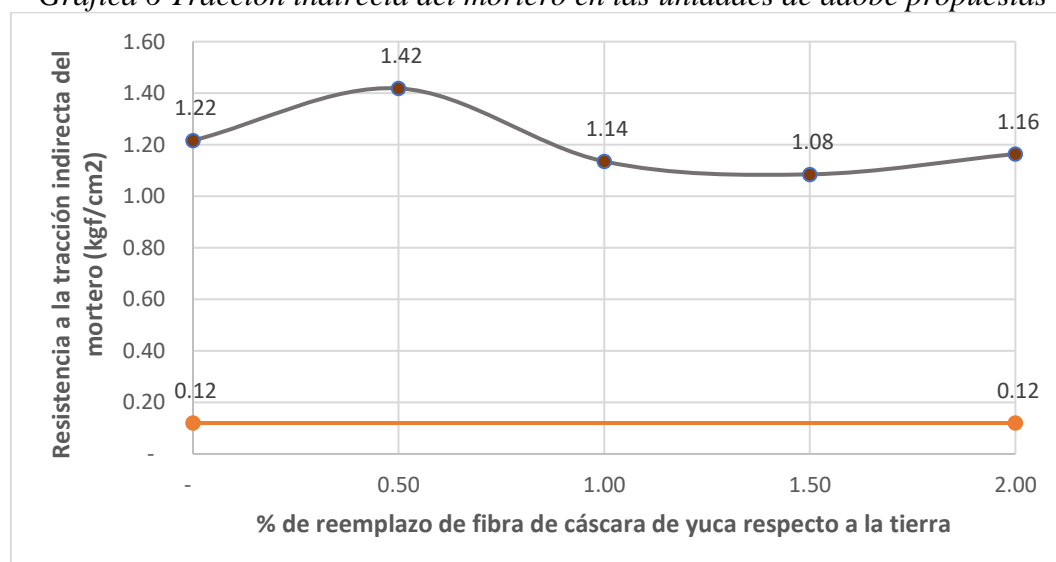
Respecto a los resultados del ensayo de resistencia a tracción indirecta en el mortero de las unidades de adobe propuestas (el valor mínimo según la E.080 es de 0.12 kgf/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 2% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 1.16 kgf/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 72 Resumen de resultados del ensayo de tracción indirecta en el mortero*

Nomenclatura	Descripción de la muestra	Resistencia a la tracción indirecta del mortero	% de mejora (respecto al de la norma)
AC	Adobe patrón	1.22	913.71%
A0.5	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1.42	1082.21%
A1	Adobe patrón+1% de fibra de cáscara de yuca	1.14	846.08%
A1.5	Adobe patrón+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1.08	804.15%
A2	Adobe patrón+2% de fibra de cáscara de yuca	1.16	869.94%
<b>Mejor dosificación</b>		A0.5	

Se observa, los resultados promedios del ensayo de tracción indirecta en el mortero en las unidades patrón y unidades propuestas, resulta la mejor dosificación el de A0.5.

*Gráfica 6 Tracción indirecta del mortero en las unidades de adobe propuestas*



### *Síntesis de resultados*

A partir de los resultados conseguidos, tal y como se va a mencionar en la discusión posteriormente, el % óptimo de fibra de cáscara de yuca es de 0.5% como reemplazo parcial de tierra.

Frente a ello, los ensayos posteriores se realizan en las muestras patrón (P) y muestras experimentales de:

- Unidades mampostería de tierra cruda estabilizados con 10% de cal y reforzados con 0.5% de fibra de cáscara de yuca (C).
- Unidades de tierra cruda con 10% de cal y reforzados con 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca (Y).

### Variación dimensional (Demás ensayos)

Tabla 73 Variación dimensional de las unidades que se usarán para los ensayos en pilas, muretes y muros

Nomenclatura	Descripción de la muestra	VD (Largo)	VD (Ancho)	VD (Alto)
P	Adobe patrón	0.92%	0.83%	0.94%
Y	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	2.81%	0.74%	4.39%
C	Adobe patrón+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	2.64%	1.36%	2.22%

La variación promedio de las distintas unidades en largo ancho y alto para los P resultaron ser de 0.92%, 0.83% y 0.94 % respectivamente, los Y 2.81%, 0.74% y 4.39% respectivamente y los C 2.64%, 1.36% y 2.22% respectivamente.

### Alabeo (Demás ensayos)

Tabla 74 Alabeo de las unidades de fibra de cáscara de yuca, superficiales y de borde en la cara superior

Adobes	CARA SUPERIOR															
	CÓNCAVO								CONVEXO							
	Superficial				Borde				Superficial				Borde			
	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00
A0.5Y-1	3.00	37.50		4.50	3.50	2.00	4.50	3.50								
A0.5Y-2	4.43	5.14	5.33				4.23	4.32					28.25	13.88	25.67	
A0.5Y-3	1.50	3.18			4.09	2.33					14.95	4.35			10.05	10.83
A0.5Y-4	5.48	5.06	6.97	6.20	4.00	4.05	4.08	2.75								
A0.5Y-5	4.80				4.21				5.05	5.88	20.26			2.30	2.30	4.41
A0.5Y-6	3.45	4.39	5.05	3.89	6.40	3.79	3.52	2.74								
A0.5Y-7	3.64	5.01	6.23	6.10	2.21	2.88	3.07	4.35								
A0.5Y-8	4.38	3.12									15.26	17.34	14.67	9.29	7.65	7.17
A0.5Y-9	8.17	10.96	6.98	7.96	3.08	2.10	6.50	3.35								
A0.5Y-10	4.27	3.16		3.33							14.26		17.80	10.98	30.17	11.72

Tabla 75 Alabeo de las unidades de fibra de cáscara de yuca, superficiales y de borde en la cara inferior

Adobes	CARA INFERIOR															
	CÓNCAVO (mm)								CONVEXO (mm)							
	Superficial				Borde				Superficial				Borde			
	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00
A0.5Y-1	1.50									7.50	4.50	2.50	5.50	5.50	5.50	5.50
A0.5Y-2	3.40	5.18			12.60						9.06	7.65		9.24	5.41	9.86
A0.5Y-3									8.53	4.70	12.16	14.35	12.20	10.65	7.76	14.87
A0.5Y-4									6.00	9.41	7.52	12.97	23.41	16.65	20.87	8.95
A0.5Y-5	4.86									10.78	24.82	19.05	6.05	7.07	19.65	3.82
A0.5Y-6	6.17	2.66									15.90	17.52	7.02	10.37	15.46	4.62
A0.5Y-7									7.64	5.91	14.59	13.75	8.34	7.82	8.40	13.44
A0.5Y-8	12.77									15.48	18.51	14.46	17.17	18.76	15.55	5.45
A0.5Y-9	4.55	4.01	15.14									13.37	7.13	6.62	7.01	9.59
A0.5Y-10	4.03	4.23									6.44	10.12	7.87	6.38	6.49	6.36

Tabla 76 Alabeo máximo en mm en la cara superior e inferior de las unidades de yuca

Adobes	Max-Sup (mm)	Max-Inf (mm)
A0.5Y-1	37.50	7.50
A0.5Y-2	28.25	12.60
A0.5Y-3	14.95	14.87
A0.5Y-4	6.97	23.41
A0.5Y-5	20.26	24.82
A0.5Y-6	6.40	17.52
A0.5Y-7	6.23	14.59
A0.5Y-8	17.34	18.76
A0.5Y-9	10.96	15.14
A0.5Y-10	30.17	10.12
<b>Promedio</b>	<b>17.90</b>	<b>15.93</b>

La tabla anterior muestra que el alabeo de las unidades Y. es 17.9 mm y 15.93 mm respectivamente en la cara superior e inferior.

Tabla 77 Alabeo de las unidades de ceniza de fibra de cáscara de yuca superficiales y de borde en la cara superior

Adobes	CARA SUPERIOR															
	CÓNCAVO								CONVEXO							
	Superficial			Borde					Superficial			Borde				
	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00
A0.5Ce-1	3.00	2.50	3.00	2.50			1.00	1.00					5.50	2.00		
A0.5Ce-2	3.65	6.74	4.04	5.67	3.21	3.20	3.88	2.31								
A0.5Ce-3	3.38	2.28	4.27	4.50	2.10	2.20	3.20	1.80								
A0.5Ce-4	4.34	5.80	3.24	5.38	4.99	2.12	0.70	1.77								
A0.5Ce-5	3.48	2.88	3.98			2.10	13.50						27.69	23.42		1.66
A0.5Ce-6	2.75	2.99	6.33	4.05									5.99	13.19	10.80	8.53
A0.5Ce-7									4.17	2.90	19.22	16.82	16.47	10.55	3.74	16.92
A0.5Ce-8	29.20	3.46	2.98	2.88		8.41	8.41	12.20					3.70			
A0.5Ce-9	4.30	10.49	10.11		6.26		4.99							5.70		15.00
A0.5Ce-10	5.47	6.10									18.08	6.01	12.71	4.99	28.56	17.77

Tabla 78 Alabeo de las unidades de ceniza de fibra de cáscara de yuca, superficiales y de borde en la cara inferior

Adobes	CARA INFERIOR															
	CÓNCAVO (mm)								CONVEXO (mm)							
	Superficial			Borde					Superficial			Borde				
	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00	1.00	2.00	3.00	4.00
A0.5Ce-1	0.50	11.00	5.00		3.00		2.00						5.50	2.50		11.00
A0.5Ce-2									7.08	7.01	30.70	10.80	25.92	10.40	10.03	38.39
A0.5Ce-3	7.47	3.93									8.39	10.08	6.62	6.01	6.33	12.54
A0.5Ce-4		2.68	4.68	25.63	6.70	17.30			13.05						4.38	20.71
A0.5Ce-5	13.43	2.82				2.10	13.50				19.77	6.39		14.06	13.96	
A0.5Ce-6									15.12	16.33	4.44	5.16	8.18	8.08	5.96	11.70
A0.5Ce-7	7.77	3.26	10.56	10.96									7.33	11.68	18.34	6.02
A0.5Ce-8							4.47		6.16	9.77	3.20	6.60	32.49	14.65	7.01	
A0.5Ce-9	1.53	4.58									5.71	6.48	18.10	7.58	8.82	4.75
A0.5Ce-10	14.95	12.95	9.67	4.62									20.22	11.07	5.99	15.40

*Tabla 79 Alabeo máximo en mm en la cara superior e inferior de las unidades de ceniza*

Adobes	Max-Sup (mm)	Max-Inf (mm)
A0.5Ce-1	5.50	11.00
A0.5Ce-2	6.74	38.39
A0.5Ce-3	4.50	12.54
A0.5Ce-4	5.80	25.63
A0.5Ce-5	27.69	19.77
A0.5Ce-6	13.19	16.33
A0.5Ce-7	19.22	18.34
A0.5Ce-8	29.20	32.49
A0.5Ce-9	15.00	18.10
A0.5Ce-10	28.56	20.22
<b>Promedio</b>	15.54	21.28

La tabla anterior muestra que el alabeo de las unidades C. es 15.54 mm y 21.28 mm respectivamente en la cara superior e inferior.

### **Resistencia a la compresión de pilas**

*Tabla 80 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas conformado por muestra patrón*

Pilas	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	f'm (esfuerzo de compresión último de la pila)	fm (Resistencia a la compresión de albañilería)
AP-1	176.50	119.00	285.50	15.00	15.00	1,231.70	5.86	1.47
AP-2	178.00	120.50	279.25	12.50	15.00	1,160.30	5.41	1.35
AP-3	177.00	117.25	275.75	15.00	15.00	1,466.20	7.06	1.77
AP-4	177.50	118.00	280.75	15.00	15.00	1,242.60	5.93	1.48
AP-5	176.25	117.50	284.75	15.00	15.00	947.60	4.58	1.14
AP-6	177.25	119.50	282.25	15.00	12.50	1,556.40	7.35	1.84
<b>MEJOR PROMEDIO</b>								1.64

Se muestra los resultados de la resistencia a las cargas compresoras de las pilas propuestas (el valor mínimo es de 2 kg/cm<sup>2</sup>) sin incorporación alguna de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 1.64 kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 81 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas conformado por muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

Pilas	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	f'm (esfuerzo de compresión último de la pila)	fm (Resistencia a la compresión de albañilería)
A0.5Y-1	174.50	116.75	281.25	15.00	15.00	2,293.60	11.26	2.81
A0.5Y-2	178.00	115.25	279.50	12.50	12.50	1,152.40	5.62	1.40
A0.5Y-3	179.25	117.75	283.00	15.00	15.00	1,315.80	6.23	1.56
A0.5Y-4	173.25	116.75	292.50	15.00	15.00	2,074.20	10.25	2.56
A0.5Y-5	177.50	121.00	288.25	15.00	12.50	1,808.00	8.42	2.10
A0.5Y-6	177.25	117.50	274.00	12.50	12.50	2,145.90	10.30	2.58
<b>MEJOR PROMEDIO</b>								2.51

Se observa los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de las pilas con incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 2.51 kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 82 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de pilas conformado por muestra experimental de 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca*

Pilas	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Espesor de mortero promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	f'm (esfuerzo de compresión último de la pila)	f'm (Resistencia a la compresión de albañilería)
A0.5Ce-1	172.25	115.75	288.75	15.00	12.50	1,966.70	9.86	2.47
A0.5Ce-2	176.25	114.25	286.25	12.50	12.50	2,274.50	11.30	2.82
A0.5Ce-3	174.75	117.25	289.00	10.00	12.50	1,596.90	7.79	1.95
A0.5Ce-4	175.88	113.25	284.00	12.50	15.00	2,356.30	11.83	2.96
A0.5Ce-5	175.25	117.50	288.25	10.00	10.00	1,387.10	6.74	1.68
A0.5Ce-6	175.25	119.00	281.00	12.50	12.50	2,281.80	10.94	2.74
<b>MEJOR PROMEDIO</b>								2.75

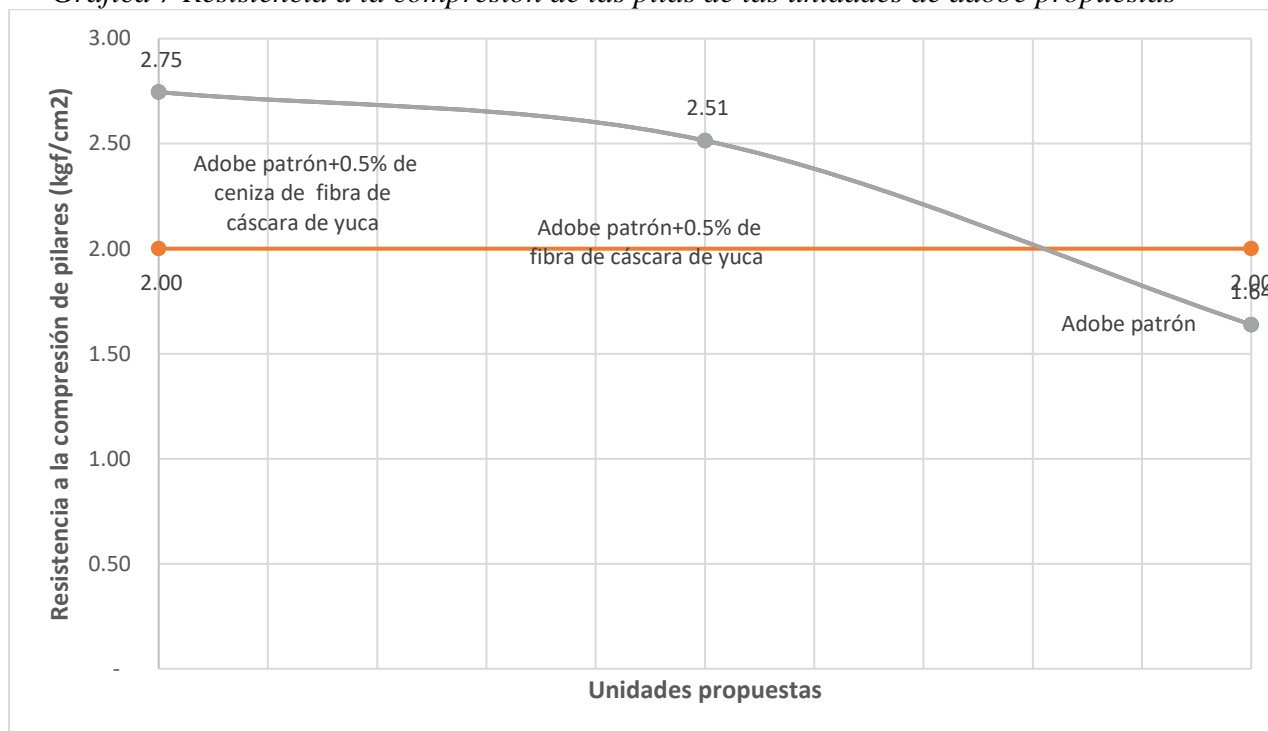
La tabla anterior muestra los resultados del ensayo de resistencia a la compresión de las pilas propuestas (el valor mínimo según la norma E.080 es de 2 kg/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 2.75 kg/cm<sup>2</sup>,

*Tabla 83 Resumen de resultados del ensayo de compresión de pilas*

Nomenclatura	Descripción de la muestra	f'm (Resistencia a la compresión de albañilería)	% de mejora (respecto al de la norma)
AC	Adobe patrón+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	2.75	37.28%
AY	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	2.51	25.73%
A	Adobe patrón	1.64	-18.09%
<b>Mejor dosificación</b>		AC	

La tabla anterior muestra, de manera resumida, los resultados promedios del ensayo de absorción en las unidades patrón y unidades propuestas, resulta la mejor dosificación el de AC

*Gráfica 7 Resistencia a la compresión de las pilas de las unidades de adobe propuestas*



Se observa un decremento en la resistencia a la compresión de los pilares desde AC hasta AP.

***Resistencia a la tracción indirecta o compresión diagonal de muretes***

*Tabla 84 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes conformado por muestra patrón*

Muretes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Vm (Resistencia al corte de albañilería)	Vm (Resistencia al corte de albañilería)
AP-1	541.75	119.00	565.75	168.00	0.18	0.07
AP-2	552.75	114.75	567.00	-	-	-
AP-3	555.00	118.50	568.75	325.00	0.35	0.14
AP-4	541.25	118.50	558.75	359.00	0.39	0.16
AP-5	533.75	124.75	561.25	382.00	0.40	0.16
AP-6	546.25	121.25	567.50	143.00	0.15	0.06
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						<b>0.13</b>

El ensayo realizado muestra los resultados del ensayo de resistencia a la a la compresión diagonal de los muretes propuestos (el valor mínimo es de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>) sin incorporación alguna de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 0.13 kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 85 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes conformado por muestra experimental de 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

Muretes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	Vm (Resistencia al corte de albañilería)	Vm (Resistencia al corte de albañilería)
A0.5Y-1	579.25	122.00	557.25	483.00	0.49	0.20
A0.5Y-2	573.25	119.25	568.75	356.00	0.37	0.15
A0.5Y-3	556.25	118.50	570.75	330.00	0.35	0.14
A0.5Y-4	559.00	118.50	558.50	393.00	0.42	0.17
A0.5Y-5	574.50	122.75	573.00	442.00	0.44	0.18
A0.5Y-6	575.25	116.00	562.75	277.00	0.30	0.12
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						0.17

Los resultados realizados muestran los valores de resistencia a la compresión diagonal de los muretes propuestos (el valor mínimo es de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 0.17 kg/cm<sup>2</sup>.

*Tabla 86 Resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de muretes conformado por muestra experimental de 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca*

Muretes	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga aplicada (kgf)	f't (esfuerzo último del murete)	Vm (Resistencia al corte de albañilería)
A0.5Ce-1	557.25	112.50	565.00	175.00	0.20	0.08
A0.5Ce-2	556.75	117.50	564.75	366.00	0.39	0.16
A0.5Ce-3	563.25	118.25	561.00	163.00	0.17	0.07
A0.5Ce-4	539.25	121.00	568.00	372.00	0.39	0.16
A0.5Ce-5	556.25	123.00	567.50	395.00	0.40	0.16
A0.5Ce-6	559.50	119.75	575.00	584.00	0.61	0.24
<b>MEJOR PROMEDIO</b>						0.18

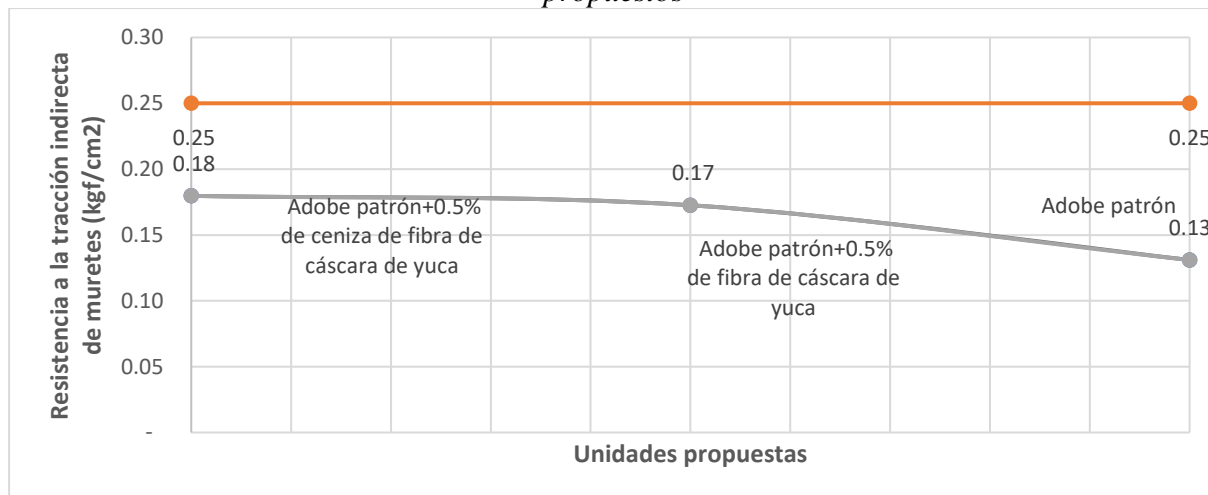
Se identifica los resultados del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de los muretes propuestos (el valor mínimo según la norma E.080 es de 0.25 kg/cm<sup>2</sup>) con incorporación del 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca. El promedio de los 4 mejores resultados es de 0.18 kg/cm<sup>2</sup>,

*Tabla 87 Resumen de resultados del ensayo de compresión diagonal de muretes*

Nomenclatura	Descripción de la muestra	Vm (Resistencia al corte de albañilería)	% de mejora (respecto al de la norma)
AC	Adobe patrón+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	0.18	-28.11%
AY	Adobe patrón+0.5% de fibra de cáscara de yuca	0.17	-30.97%
A	Adobe patrón	0.13	-47.59%
<b>Mejor dosificación</b>		AC	

Se observa de manera resumida, los resultados promedios del ensayo de absorción en las unidades patrón y unidades propuestas, resulta la mejor dosificación el de AC frente a los experimentales, aun así, resulta menor al patrón.

*Gráfica 8 Resistencia a la compresión diagonal de los muretes de las unidades de adobe propuestos*



Se observa un decremento en la resistencia a la compresión diagonal de muretes desde AC hasta AP.

### ***Inundación simulada en muros***

Tomando como referencia lo establecido por Arias [35], en un primer momento se decidió medir el ascenso por capilaridad y el descenso por absorción de los muros de adobe transcurridos una hora.

El muro patrón al ser sometido a inundación se volteó a los 29 minutos. Por lo que, para tener datos respecto al ascenso y descenso de agua, se decidió medir los siguientes muros a intervalos de 5 minutos, 10 minutos, 20 minutos, consecutivamente (a criterio del investigador).

*Tabla 88 Resultados de la medición de ascenso por capilaridad (cm) y descenso por absorción (cm) del muro con 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

Fecha	Hora	N° minutos transcurridos	Ascenso por capilaridad (cm)	Descenso por absorción (cm)	Observación
16/05/2024	17:06	0.00	0	0	Para 30 cm se vertió 73.5 litros
16/05/2024	17:11	5.00	1	1.2	
16/05/2024	17:16	10.00	1.5	2	
16/05/2024	17:21	15.00	2	2.5	
16/05/2024	17:26	20.00	3	2.8	
16/05/2024	17:31	25.00	3.4	3	
16/05/2024	17:36	30.00	4.5	3.1	
16/05/2024	17:41	35.00	5	3.5	
16/05/2024	17:46	40.00	5.8	3.8	
16/05/2024	17:51	45.00	6.8	3.9	
16/05/2024	17:56	50.00	7	4	
16/05/2024	18:06	60.00	7.2	4.1	
16/05/2024	18:16	70.00	7.5	4.3	
16/05/2024	18:26	80.00			Se volteó muro a 1 hora 20 minutos

La tabla anterior, muestra el tiempo de vida del muro el cual fue de 80 minutos, así como también se especifica la cantidad de agua en litros que se vertió para alcanzar los 30 cm.

*Gráfica 9 Ascenso del agua por capilaridad (cm) transcurrido los minutos de tiempo de vida del muro de 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

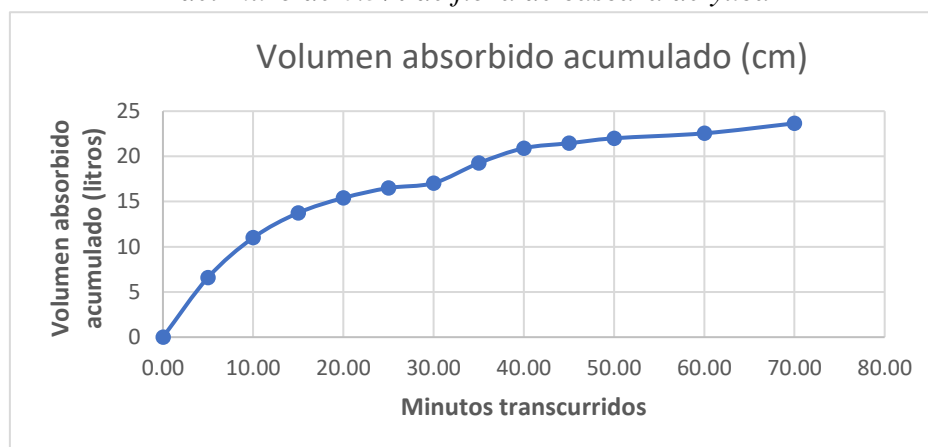


Para 1 cm, se vertieron 5.5 litros, este valor se usa para cuantificar la cantidad total de volumen absorbido hasta antes de su volteo del muro.

*Tabla 89 Resultados del volumen absorbido durante el tiempo de vida del muro con 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

<b>N° minutos transcurridos</b>	<b>Incremento de Absorción en altura (cm)</b>	<b>Incremento de absorción en volumen (lts)</b>	<b>Volumen absorbido acumulado (litros)</b>
0.00	0	0	0
5.00	1.2	6.6	6.6
10.00	0.8	4.4	11
15.00	0.5	2.75	13.75
20.00	0.3	1.65	15.4
25.00	0.2	1.1	16.5
30.00	0.1	0.55	17.05
35.00	0.4	2.2	19.25
40.00	0.3	1.65	20.9
45.00	0.1	0.55	21.45
50.00	0.1	0.55	22
60.00	0.1	0.55	22.55
70.00	0.2	1.1	23.65

*Gráfica 10 Volumen acumulado absorbido (litros) transcurrido los minutos de tiempo de vida del muro de 0.5% de fibra de cáscara de yuca*



### Comparación del precio unitario de las muestras patrón vs experimentales

*Tabla 90 Costo unitario del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal*

<b>PARTIDA:</b>		Bloque de tierra estabilizado con 10% de cal				
<b>RENDIMIENTO:</b>	500	und/dia			<b>HORAS:</b>	8
Costo directo unitario por: und						0.6
DESCRIPCIÓN	Und	Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Total S/.
<b>MANO DE OBRA</b>						0.35
Oficial	hh	1	0.016	21.79	0.35	
<b>MATERIALES</b>						0.23
Suelo	m3		0.002	5	0.01	
Adobera	Cantidad		0.0002	25	0.01	
Agua	m3		0.00045	1.7	0	
Cal	kg		0.22	0.945	0.21	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						0.02
Herramientas Manuales	%MO		5	0.35	0.02	

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal, cuyo valor es de 0.6 soles

*Tabla 91 Costo unitario del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca*

<b>PARTIDA:</b>		Bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca				
<b>RENDIMIENTO:</b>	400	und/dia			<b>HORAS:</b>	8
Costo directo unitario por: und						0.69
DESCRIPCIÓN	Und	Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Total S/.
<b>MANO DE OBRA</b>						0.44
Oficial	hh	1	0.02	21.79	0.44	
<b>MATERIALES</b>						0.23
Suelo	m3		0.002	5	0.01	
Adobera	Cantidad		0.0002	25	0.01	
Agua	m3		0.00045	1.7	0	
Fibra de cáscara de yuca	kg				0	
Cal	kg		0.22	0.945	0.21	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						0.02
Herramientas Manuales	%MO		5	0.44	0.02	

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 0.69 soles

*Tabla 92 Costo unitario del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca*

<b>PARTIDA:</b>	Bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca					
<b>RENDIMIENTO:</b>	450	und/dia			<b>HORAS:</b>	8
					Costo directo unitario por:	und 1.52
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario S/.</b>	<b>Precio Parcial S/.</b>	<b>Total S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						0.39
Oficial	hh	1	0.018	21.79	0.39	
<b>MATERIALES</b>						1.11
Suelo	m3		0.00 2	5	0.01	
Adobera	Cantidad		0.0002	25	0.01	
Agua	m3		0.00045	1.7	0	
Ceniza de fibra de cáscara de yuca	kg		0.01	80.00	0.89	
Cal	kg		0.22	0.945	0.21	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						0.02
Herramientas Manuales	%MO		5	0.39	0.02	

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del bloque de tierra estabilizado con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 1.52 soles

*Tabla 93 Costo unitario del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal*

<b>PARTIDA:</b>	Mortero vertical (1 x90x120 mm3) de muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal					
<b>RENDIMIENTO:</b>	8000	m3/dia			<b>HORAS:</b>	8
					Costo directo unitario por:	und 0.05
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario S/.</b>	<b>Precio Parcial S/.</b>	<b>Total S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						0.04
Oficial	hh		1	0.001	21.79	0.02
Peón	hh		1	0.001	19.71	0.02
<b>MATERIALES</b>						0.01
Suelo	m3		0.00011	5	0	
Agua	m3		0.00002	1.7	0	
Cal	kg		0.012	0.945	0.01	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						0
Herramientas Manuales	%MO		5	0.04	0	

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal, cuyo valor es de 0.05 soles

*Tabla 94 Costo unitario del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal*

<b>PARTIDA:</b>	Mortero horizontal (1 x90x180 mm3) de muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal					
<b>RENDIMIENTO:</b>	8000	m3/dia			<b>HORAS:</b>	8
					Costo directo unitario por:	und 0.0
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario S/.</b>	<b>Precio Parcial S/.</b>	<b>Total S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						0.04
Oficial	hh		1	0.001	21.79	0.02
Peón	hh		1	0.001	19.71	0.02
<b>MATERIALES</b>						0.02
Suelo	m3		0.0001	5	0	
Agua	m3		0.0000	1.7	0	
Cal	kg		0.01	0.945	0.02	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						0
Herramientas Manuales	%MO		5	0.04	0	

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal, cuyo valor es de 0.06 soles

*Tabla 95 Costo unitario del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

<b>PARTIDA:</b>	Mortero vertical (1x90x120 mm <sup>3</sup> ) de muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca						
<b>RENDIMIENTO:</b>	7500	m <sup>3</sup> /día	<b>HORAS:</b>		8		
					Costo directo unitario por:	und	0.05
DESCRIPCIÓN	Und	Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Total S/.	
<b>MANO DE OBRA</b>							0.04
Oficial	hh	1	0.0011	21.79	0.02		
Peón	hh	1	0.0011	19.71	0.02		
<b>MATERIALES</b>							0.01
Suelo	m <sup>3</sup>		0.00011	5	0		
Agua	m <sup>3</sup>		0.00002	1.7	0		
Fibra de cáscara de yuca	kg		0.0001		0		
Cal	kg		0.012	0.945	0		
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>							0
Herramientas Manuales	%MO		5	0.04	0		

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 0.05 soles

*Tabla 96 Costo unitario del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

<b>PARTIDA:</b>	Mortero horizontal (1 x90x180 mm <sup>3</sup> ) de muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca						
<b>RENDIMIENTO:</b>	7500	m <sup>3</sup> /día	<b>HORAS:</b>		8		
					Costo directo unitario por:	und	0.06
DESCRIPCIÓN	Und	Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Total S/.	
<b>MANO DE OBRA</b>							0.04
Oficial	hh	1	0.0011	21.79	0.02		
Peón	hh	1	0.0011	19.71	0.02		
<b>MATERIALES</b>							0.02
Suelo	m <sup>3</sup>		0.00016		0		
Agua	m <sup>3</sup>		0.00002	1.7	0		
Fibra de cáscara de yuca	kg		0.001		0		
Cal	kg		0.019	0.945	0.02		
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>							0
Herramientas Manuales	%MO		5	0.04	0		

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 0.06 soles

*Tabla 97 Costo unitario del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca*

<b>PARTIDA:</b>	Mortero vertical (1 x90x120 mm <sup>3</sup> ) de muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca						
<b>RENDIMIENTO:</b>	7900	m <sup>3</sup> /día	<b>HORAS:</b>		8		
					Costo directo unitario por:	und	0.1
DESCRIPCIÓN	Und	Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario S/.	Precio Parcial S/.	Total S/.	
<b>MANO DE OBRA</b>							0.04
Oficial	hh	1	0.001	21.79	0.02		
Peón	hh	1	0.001	19.71	0.02		
<b>MATERIALES</b>							0.06
Suelo	m <sup>3</sup>		0.00011	5	0		
Agua	m <sup>3</sup>		0.00002	1.7	0		
Ceniza de fibra de cáscara de yuca	kg		0.001	80.00	0.05		
Cal	kg		0.012	0.945	0.01		
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>							0
Herramientas Manuales	%MO		5	0.04	0		

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 0.1 soles

*Tabla 98 Costo unitario del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca*

<b>PARTIDA:</b>	Mortero horizontal (10x90x180 mm3) de muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca					
<b>RENDIMIENTO:</b>	7900	m3/dia	<b>HORAS:</b>		8	
Costo directo unitario por: und						0.13
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario S/.</b>	<b>Precio Parcial S/.</b>	<b>Total S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						<b>0.04</b>
Oficial	hh	1	0.0010	21.79	0.02	
Peón	hh	1	0.0010	19.71	0.02	
<b>MATERIALES</b>						<b>0.09</b>
Suelo	m3		0.00016	5	0	
Agua	m3		0.00004	1.7	0	
Ceniza de fibra de cáscara de yuca	kg		0.001	80	0.07	
Cal	kg		0.019	0.945	0.02	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						<b>0</b>
Herramientas Manuales	%MO		5	0.04	0	

La tabla anterior muestra el precio unitario por unidad del mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 0.13 soles

*Tabla 99 Costo unitario del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal*

<b>PARTIDA:</b>	Muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal					
<b>RENDIMIENTO:</b>	6	m2/dia	<b>HORAS:</b>		8	
Costo directo unitario por: m2						82.78
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario S/.</b>	<b>Precio Parcial S/.</b>	<b>Total S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						<b>55.33</b>
Oficial	hh	1	1.33	21.79	29.05	
Peón	hh	1	1.33	19.71	26.28	
<b>MATERIALES</b>						<b>24.68</b>
Bloque de tierra estabilizado con 10% de cal	Cantidad		40	0.6	24	
Mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal	Cantidad		4	0.05	0.2	
Mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal	Cantidad		8	0.06	0.48	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						<b>2.77</b>
Herramientas Manuales	%MO		5	55.33	2.77	

La tabla anterior muestra el precio unitario por m2 del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal, cuyo valor es de 82.78 soles

*Tabla 100 Costo unitario del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca*

<b>PARTIDA:</b>	Muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca					
<b>RENDIMIENTO:</b>	6	m2/dia	<b>HORAS:</b>		8	
Costo directo unitario por: m2						86.8
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Und</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Unitario S/.</b>	<b>Precio Parcial S/.</b>	<b>Total S/.</b>
<b>MANO DE OBRA</b>						<b>55.33</b>
Oficial	hh	1	1.33	21.79	29.05	
Peón	hh	1	1.33	19.71	26.28	
<b>MATERIALES</b>						<b>28.28</b>
Bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca	Cantidad		40	0.69	27.6	
Mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca	Cantidad		4	0.05	0.2	
Mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca	Cantidad		8	0.06	0.48	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						<b>2.77</b>
Herramientas Manuales	%MO		5	55.33	2.77	

La tabla anterior muestra el precio unitario por m2 del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 86.38 soles

*Tabla 101 Costo unitario del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca*

PARTIDA:		Muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca				
RENDIMIENTO:	6	m2/dia		HORAS:		8
				Costo directo unitario por:	m2	120.34
DESCRIPCIÓN	Und	Cuadrilla	Cantidad	Costo Unitario S/.	Precio Parcial	Total S/.
<b>MANO DE OBRA</b>						
Oficial	hh	1	1.33	21.79	29.05	
Peón	hh	1	1.33	19.71	26.28	
<b>MATERIALES</b>						
Bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	Cantidad		40	1.52	60.8	
Mortero vertical de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	Cantidad		4	0.1	0.4	
Mortero horizontal de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	Cantidad		8	0.13	1.04	
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>						
Herramientas Manuales	%MO		5	55.33	2.77	2

La tabla anterior muestra el precio unitario por m2 del muro de bloque de tierra estabilizado con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca, cuyo valor es de 120.34 soles

## ***Discusión***

A partir, de un análisis exhaustivo hecho en lo referente al comportamiento mecánica y su resistencia al agua de las unidades de bloques de tierra, se concluye lo planteado en un inicio: El reemplazo parcial respecto a la tierra por parte de la ceniza de cáscara de yuca brinda mejores características mecánicas, pero una menor resistencia al agua respecto a las fibras de cáscara de yuca.

De los resultados conseguidos, se observa que la incorporación efectiva de fibra de cáscara de yuca para bloques de tierra estabilizados con 10% de cal es 0.5% de reemplazo parcial respecto al peso de tierra.

### **Absorción de humedad**

Según el objetivo específico de análisis de las propiedades físicas de los bloques, la absorción, los resultados mostrados en la *Tabla 57* indican que todas las muestras presentaron pérdidas de material al ser sumergidas durante 5 minutos al agua, aun así, la unidad que presenta menor pérdida de material es la conformada por 10% de cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca con un porcentaje de 20.29%. Si bien es cierto, todas las muestras se desintegraron paulatinamente al someterse a agua, se debe buscar la aplicación de otros estabilizadores químicos que aporten favorablemente, como lo investigado por Villamizar [4] en donde al combinar los residuos de iones del proceso de combustión del carbón con la fibra de cáscara de yuca consiguió un valor de 27.77% frente al patrón cuyo valor fue de 30.21%.

### **Succión de humedad**

Según el objetivo específico de análisis de las propiedades físicas de los bloques, la succión, los resultados mostrados en la *Tabla 64* muestran que todas las unidades presentan pérdida parcial de su material, aun así, la unidad que presenta menor pérdida de material es la conformada por cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca con un valor de 3.7%. Por otro lado, Roovins [36] al incorporar fibras pseudo tallo de plátano encontró un menor valor de succión con 2.46 gr/min/200cm<sup>2</sup> al incorporar esta fibra en un 3%. Esto indica que se deben investigar otras fibras que sean mucho más beneficiosas a la resistencia erosiva del agua.

### Resistencia a la compresión

Según el objetivo específico de análisis de las propiedades mecánicas de los bloques, la resistencia a la compresión, los resultados mostrados en la *Tabla 43* muestran que todas las unidades superan la resistencia mínima establecida en la Norma E-080 de 10.2 kgf/cm<sup>2</sup>. La que presenta mayor resistencia es la conformada por cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca con un valor de 15.2 kg/cm<sup>2</sup>, logrando así una mejora respecto al patrón de 4.27% y respecto a la Norma, 49.05%. Estos datos se pueden comparar con lo investigado por López et al. [14], en donde al aplicar con 3% de fibra de coco logró un valor de resistencia a la compresión de 15 kgf/cm<sup>2</sup> esta comparación denota que la fibra de cáscara de yuca al contener menor % de lignina (2.09%), contribuye a una mayor resistencia a la compresión frente a la fibra de coco (48% de porcentaje) [37]. Por otro lado, Roovinn [36], al incorporar 4.5% de fibra de pseudo tallo de plátano alcanzó una resistencia a la compresión de 12 kgf/cm<sup>2</sup> (5% de lignina), en donde una vez más se observa que el contenido de lignina es importante a considerar al adicionar fibras naturales en las unidades mampostería de tierra cruda.

*Tabla 102 Comparación de la resistencia a la compresión según el % de lignina de fibras naturales*

Fibra usada	% de lignina	Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
Fibra de coco	48	15
Fibra de pseudo tallo de plátano	5	12
Fibra de cáscara de yuca+cal		15.2

### Resistencia a la tracción diametral

Según el objetivo específico de análisis de las propiedades mecánicas de los bloques, la resistencia a la tracción diametral, los resultados mostrados en la *Tabla 50* muestran que todas las unidades superan la resistencia mínima establecida en la Norma E-080 de 0.81 kgf/cm<sup>2</sup>. La que presenta mayor resistencia es la conformada por cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca con un valor de 2.3 kg/cm<sup>2</sup> con una mejora respecto al patrón de 12.54% y respecto a la Norma, 183.75%. Estos datos se pueden comparar con lo investigado por López et al. [14], en donde al aplicar con 3% de fibra de coco logró un valor de 2.59 kg/cm<sup>2</sup>, esta comparación denota que a menor diámetro de fibra de la adición (grosor de la fibra de coco de 0.01 mm frente al grosor de la fibra de cáscara de yuca de 2.5 mm [4], brinda mejor resistencia a la tracción.

*Tabla 103 Comparación de la resistencia a la tracción diametral según el grosor de fibras naturales*

Fibra usada	Grosor (mm)	Resistencia a la tracción diametral (kg/cm <sup>2</sup> )
Fibra de pseudo tallo de plátano	5	2.59
Fibra de cáscara de yuca+cal	5	2.3

### Resistencia a la tracción indirecta del mortero

Según el objetivo específico de análisis de las propiedades mecánicas de los bloques, la resistencia a la tracción indirecta del mortero, los resultados mostrados en la *Tabla 72* muestran que todas las unidades superan la resistencia mínima establecida en la Norma E-080 de 0.12 kgf/cm<sup>2</sup>. La que presenta mayor resistencia es la conformada por cal y 0.5% de fibra de cáscara de yuca con un valor de 1.42 kg/cm<sup>2</sup> con una mejora respecto al patrón de 16.62% y respecto a la Norma, 1082.21%. Estos datos se pueden comparar con lo investigado por Chavez et al. [38], en donde comparó las propiedades mecánicas de bloques de tierra convencionales y los comprimidos, alcanzando en este último un valor de 0.16 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, Alfaro [39] empleó fibras sintéticas de polipropileno, en donde con una incorporación del 0.5% de esta fibra alcanzó un valor de 1.39 kg/cm<sup>2</sup>. Ambos estudios al ser comparados con la presente tesis, demuestran que la aplicación de fibra de cáscara de yuca, aporta de manera casi similar a la incorporación de fibras sintéticas en la resistencia a la tracción indirecta del mortero.

*Tabla 104 Comparación de resistencia a la tracción diametral según tipo de fibra usada*

Fibra usada	Tipo de fibra	Resistencia a la tracción indirecta del mortero (kg/cm <sup>2</sup> )
Fibra de polipropileno	Sintética	1.39
Fibra de cáscara de yuca+cal	Natural+química	1.42
Bloques comprimidos	Técnica de elaboración	0.16

### Resistencia a la compresión de pilas

Según el objetivo específico de análisis de las propiedades mecánicas de los bloques, la resistencia a la compresión en pilas, los resultados mostrados en la *Tabla 83* muestran que todas las pilas superan la resistencia mínima fm establecida en la Norma E-080 de 2 kgf/cm<sup>2</sup>. La que presenta mayor resistencia es la conformada por cal y 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca con un valor de 2.75 kg/cm<sup>2</sup> con una mejora respecto al patrón de 167.61% y respecto a la Norma, 37.28%. Estos datos se pueden comparar con lo investigado por Sandoval et al. [40] En donde incorporó la cal y la ceniza de carbón, encontrando el mayor valor de resistencia a la compresión de pilas al incorporar 10% de cal con 10% de ceniza de carbón de 1.80 kg/cm<sup>2</sup>.

Esto demuestra que, al incorporar la ceniza de cáscara de yuca, gracias a su alta cantidad dióxido de silicio logar casi igualar (al incorporarse en menor porcentaje) de gran manera a otros estabilizadores químicos en lo que respecto al comportamiento mecánica de los bloques de tierra.

*Tabla 105 Comparación de la resistencia a la compresión de pilas según el tipo de estabilizador aplicado*

Estabilizadores químicos	Resistencia a la compresión de pilas( kg/cm <sup>2</sup> )
Ceniza de fibra de cáscara de yuca+cal	2.75
Ceniza de carbón+cal	1.8

### **Resistencia a tracción indirecta o compresión diagonal**

Según el objetivo específico de análisis de las propiedades mecánicas de los bloques, la resistencia a las cargas compresoras diagonales en muretes, los resultados mostrados en la *Tabla 87* muestran que todos los muretes no logran superar la resistencia mínima establecida en la Norma E-080 de 0.25 kgf/cm<sup>2</sup>. La que presenta mayor resistencia frente a las experimentales es la conformada por cal y 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca con un valor de 0.18 kg/cm<sup>2</sup> con una mejora respecto al patrón de 37.18% y respecto a la Norma, un decrecimiento de 28.11%. Estos resultados indican que debido a la mayor falla identificada (falla dada por el espesor del mortero) es la que provoca este menor valor, y por lo tanto se debería determinar de qué manera la calidad del mortero de la dosificación sea la adecuada, para asegurar adecuadas resistencias de las construcciones realizadas con adobe estabilizado y reforzado.

### **Resistencia a la inundación simulada**

Según el objetivo específico de la resistencia a la inundación simulada de los muros, los resultados mostrados en la *Tabla 88* indican que el tiempo de vida útil para un muro conformado por tierra con 10% de cal + 0.5% de fibra de cáscara de yuca de 1.14 m de ancho con 0.8 m de alto posee un tiempo de vida útil de 1 hora con 20 minutos, una capilaridad de 7.5 cm y un volumen absorbido de 23.65 litros. Otros estudios, como lo realizado por Arias et al. [35], en donde un muro estabilizado de 1.5 m de alto, 1.65 m de largo y 0.13 m de espesor alcanzó un tiempo de resistencia de 17 días, una altura de capilaridad de 58.5 cm y un volumen absorbido de 92.94 litros. La diferencia principal entre lo obtenido por Arias y lo conseguido en el presente estudio, se da por el tamaño del muro ensayado. Comparando el muro de fibra de cáscara de

yuca con el muro patrón y el muro de ceniza de fibra de cáscara de yuca, se observa que la fibra es quien brinda una mayor resistencia al agua. Esto se debe a la cantidad de lignina que posee.

### **Comparación del precio unitario de muestras control vs experimentales**

Frente a todos los ensayos realizados, se puede observar que la que más conviene en emplear en las viviendas de adobe es la conformada por 0.5% de fibra de cáscara de yuca por el comportamiento mecánico evidenciado a través de los ensayos realizados. La diferencia de costo económico de la incorporación de la fibra frente al patrón en m<sup>2</sup> de muro es de 3.6 soles, diferencia que puede traer consigo grandes costos en una vivienda unifamiliar de adobe convencional. Aun así, sabiendo que la principal debilidad del adobe es su baja resistencia al agua, es importante considerar la incorporación de la fibra de cáscara de yuca, ya que se estaría contribuyendo al equilibrio ecológico, pero considerando la aplicación adicional de fibras o estabilizadores impermeabilizantes.

## Conclusiones

La capacidad de absorción de las unidades propuestas es nula, pues todas presentan pérdida de material al ser sometidas a agua. La que presenta menor pérdida es la de 0.5% de fibra de cáscara de yuca con un valor de 20.29%. Este porcentaje se da porque las fibras están menos aglomeradas que las demás (por su mayor cantidad), así también su contenido de lignina es pequeño, la cual es hidrófuga, diferente a los otros componentes de la fibra.

La succión resultó ser nula para todas las muestras, pues resultan valores negativos, contrario a lo que paso con la incorporación de otras fibras naturales investigados por otros autores.

Respecto a la resistencia a la compresión, se encontró que la fibra de cáscara de yuca en un 0.5% supera de gran manera a la incorporación de otras fibras, como las de pseudo tallo de plátano y de coco, esto es por el bajo contenido de lignina que posee frente a otras fibras naturales, así como también la presencia de cal influye en esta resistencia.

Lo alcanzado respecto a la resistencia a la tracción diametral por la fibra de cáscara de yuca, no es tan significativa frente a otros tipos de fibras naturales, como la fibra de coco, lo que indica que a menor diámetro o grosor de fibra aporta mayor resistencia a la tracción diametral.

La resistencia a la tracción indirecta del mortero, alcanzado por la fibra de cáscara de yuca con la cal, fue superior respecto a la aplicación de otras fibras (como sintéticas), así como a la técnica de bloques de tierra comprimidos, lo que trae consigo ahorro en costos de procedimientos y un reúso como refuerzo natural a la fibra de cáscara de yuca.

Frente a la compresión de pilas, la incorporación del 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca, fue la que llevo consigo mejores resultados, así como también casi iguala a la mezcla de cal con ceniza de carbón, lo que indica que con la incorporación de ceniza de esta fibra se consigue valores similares de aplicarse con ceniza de carbón

Frente a la tracción indirecta de muretes, la incorporación del 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca, fue la que llevo consigo mejores resultados, superando por poco a la incorporación del 0.5% de fibra de cáscara de yuca, aun así fue menor al 0.25 kg/m<sup>2</sup> solicitado por la E-080.

Se evaluó en la resistencia a la inundación simulada, una resistencia mayor de la fibra de cáscara de yuca frente al patrón y a la ceniza de cáscara de yuca, esto por los aportes a su resistencia a la humedad por el contenido de lignina que posee.

El precio unitario de asentado de 1 m<sup>2</sup> de muro en el que se incorpora 0.5% de fibra de cáscara de yuca frente a un muro sin la presencia de este es algo mayor, esto porque al adicionarlo el rendimiento por día disminuye de cierta manera.

## Recomendaciones

Se debe investigar la incorporación de otros estabilizadores químicos que tengan sinergia con la fibra de cáscara de yuca, ya que se ha determinado que al incorporarse con cal aporta considerablemente en sus propiedades mecánicas.

Para asegurar buenos resultados de succión, se debe poseer buenos procesos de elaboración del material para eliminar la mayor cantidad de poros de los bloques de tierra.

Durante la aplicación de fibras naturales, se debe tener en cuenta la cantidad de lignina presente en estas, ya que de esta cantidad depende sus propiedades mecánicas y físicas.

Se recomienda analizar la influencia del tamaño de las fibras naturales (grosor) en las propiedades mecánicas de los bloques de tierra, debido a que en lo que respecta al ensayo de tracción diametral, se identificó que, a menor grosor, mayor resistencia a la tracción diametral.

Para minorar mucho más el costo del asentado de muros a los que se incorpora fibra de cáscara de yuca, se debe emplear máquinas de prensado manual o automáticas, para asegurar un correcto mezclado, así como la incorporación adecuada de estas fibras.

Para futuras investigaciones en la incorporación de ceniza de fibra de cáscara de yuca, se debe tomar como base el % de reemplazo del 0.5%, ya que con este valor se ha asegurado propiedades mecánicas superiores al patrón y a la fibra de cáscara de yuca en la misma proporción.

Tomando de base el % de incorporación de cenizas de otros elementos, se puede extrapolar a la cantidad conveniente de ceniza de cáscara de yuca, que brinde valores superiores a los obtenidos en la presente investigación.

Aunque el % de 0.5 de ceniza de fibra de cáscara de yuca no haya adquirido adecuados resultados frente a la inundación simulada de muros, se asume que, a mayores valores de este, la resistencia a la inundación simulada si estaría garantizada, por lo que se propone para otros estudios analizar el comportamiento de estos muros ante la erosión del agua.

Para disminuir considerablemente el precio de la incorporación de ceniza de fibra de cáscara de yuca, se debe estandarizar la obtención de estos, es decir evaluar las condiciones que debe poseer antes de ser metido a un horno, determinar el tiempo de calentamiento, la duración de este, el tiempo de enfriamiento.

## Referencias

- [1] B. Saul Sitati Namango From Bungoma, D.-I. Wolfgang Spyra Dr-rer nat, and habil Ing Reinhard Frey Frau Dr-Ing Angelika Mettke, “Development of Cost-Effective Earthen Building Material for Housing Wall Construction: Investigations into the Properties of Compressed Earth Blocks Stabilized with Sisal Vegetable Fibres, Cassava Powder and Cement Compositions. Supervision,” 2006.
- [2] A. Laborel-Préneron, J. E. Aubert, C. Magniont, C. Tribout, and A. Bertron, “Plant aggregates and fibers in earth construction materials: A review,” *Construction and Building Materials*, vol. 111. Elsevier Ltd, pp. 719–734, May 15, 2016. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.02.119.
- [3] N. Jannat, A. Hussien, B. Abdullah, and A. Cotgrave, “Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review,” *Construction and Building Materials*, vol. 254. Elsevier Ltd, Sep. 10, 2020. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.119346.
- [4] M. C. N. Villamizar, V. S. Araque, C. A. R. Reyes, and R. S. Silva, “Effect of the addition of coal-ash and cassava peels on the engineering properties of compressed earth blocks,” *Constr Build Mater*, vol. 36, pp. 276–286, Nov. 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.056.
- [5] H. Danso, D. B. Martinson, M. Ali, and J. Williams, “Effect of fibre aspect ratio on mechanical properties of soil building blocks,” *Constr Build Mater*, vol. 83, pp. 314–319, May 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.03.039.
- [6] S. N. Malkanthi, N. Balthazaar, and A. A. D. A. J. Perera, “Lime stabilization for compressed stabilized earth blocks with reduced clay and silt,” *Case Studies in Construction Materials*, vol. 12, pp. 1–2, Jun. 2020, doi: 10.1016/j.cscm.2019.e00326.
- [7] C. Andrés Bayona Buitrago, M. Fernanda Cepeda, and L. Carolina León Castrillo, “APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES DE LA CADENA PRODUCTIVA DE LA YUCA (Manihot esculenta): UNA REVISIÓN”.
- [8] C. N. Tejada, Z. Montiel, and D. Acevedo, “Aprovechamiento de Cáscaras de Yuca y Ñame para el Tratamiento de Aguas Residuales Contaminadas con Pb(II) Utilization of Cassava and Yam Peels for the Treatment of Wastewater Contaminated with Pb (II),” *Información Tecnológica*, vol. 27, no. 1, pp. 9–20, 2016, doi: 10.4067/S0718-07642016000100003.


- [9] “Cáscaras de yuca: De residuo a valioso alimento para el ganado - All About Feed ES - Puerta a la Industria Global de Alimentación.” Accessed: May 10, 2023. [Online]. Available: <https://es.allaboutfeed.net/cascaras-de-yuca-de-residuo-a-valioso-alimento-para-el-ganado/>
- [10] E. F. Salazar Ruiz, “Propiedades del mortero para albañilería incorporando ceniza de cáscara de yuca, Lima 2021,” Lima, 2021.
- [11] Jonathan Salomón ABURTO MELENDEZ and Edinson Armando BRAVO RODRIGUEZ, “EVALUACIÓN Y COMPARACIÓN TÉCNICA DE LAS PROPIEDADES DEL ADOBE, TÍPICO CONVENCIONAL Y EL REFORZADO CON CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN EL CC. PP DE TAMBAR - MORO,” Nuevo Chimbote, 2018.
- [12] J. M. La Cruz Cebreros and J. G. Malpartida Galan, “Incidencia de la cáscara de yuca en las propiedades físico-mecánicas del adobe artesanal, en la provincia de Atalaya, Ucayali 2022,” Ucayali, 2022.
- [13] S. M. Garatea Valera, “MEJORAMIENTO DEL ADOBE EN SUS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS AGREGÁNDOLE FIBRA DE VIRUTA EN SU COMPOSICIÓN,” USAT, Chiclayo, 2019.
- [14] López Córdova Adderly and Teque Curo Tomas Edinson, “Fibras de Coco y su Influencia en Las Propiedades Físico Mecánicas del Adobe, Chiclayo - 2021,” Moyobamba, 2021.
- [15] Oscar Fidel Velarde Tello, “MEJORAMIENTO DE LA RESISTENCIA DEL ADOBE ESTABILIZADO CON MUCÍLAGO DE CACTUS PARA EFECTOS DE LLUVIAS, LAMBAYEQUE, 2021,” Huacho, 2021.
- [16] C. y S. Ministerio de Vivienda, *ADOBE Edificaciones Antisísmicas de*. 2010.
- [17] C. A. Daniel and H. G. Walter, “MEJORAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE ANTE UNA EXPOSICIÓN PROLONGADA DE AGUA POR EFECTO DE INUNDACIONES,” Lima, 2010.
- [18] VANESSA INGRID ROMERO CUENTAS and CARLOS DANILO CALLASI VENERO, “ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL FRENTE A LAS UNIDADES DE ADOBE ESTABILIZADO CON ASFALTO,” Universidad Andina del Cusco, Cusco, 2017.

- [19] EITHEL YVÁN MEDRANO LIZARZABURU, “INFLUENCIA DEL ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA 1 EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE ESTABILIZADO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS RURALES EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE,” 2021.
- [20] M. J. ISIQUE VALVERDE and J. L. SING LEZAMA, “INFLUENCIA DE LA HIDRÓLISIS QUÍMICA EN LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y FUNCIONALES DE LOS RESIDUOS INDUSTRIALES DE PAPA, CAMOTE Y YUCA,” UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA, NUEVO CHIMBOTE, 2017.
- [21] construcción y saneamiento Ministerio de Vivienda, “NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA,” PERÚ, 2017.
- [22] Fernando Oshiro Higa, “Construcción de vivienda económica con adobe estabilizado”.
- [23] J. Vargas -Neumann, “Normas de Tierra : Ensayos de Tracción Indirecta”.
- [24] ULISES ISAAC SALDAÑA ALVARADO, “Comparación de resistencia a inundación de muros de adobe con diferentes sistemas de protección,” CAJAMARCA, 2018.
- [25] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado, D. María del Pilar Baptista Lucio, and S. Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*, 6ta ed. 2014.
- [26] INDECOPI, “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería,” 2005.
- [27] O. Olatokunbo *et al.*, “Assessment of Strength Properties of Cassava Peel Ash-Concrete,” *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, vol. 9, no. 1, pp. 965–974, 2018, [Online]. Available: <http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp965http://www.iaeme.com/ijciet/issues.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=1http://www.iaeme.com/IJCIET/issues.asp?JType=IJCIET&VType=9&IType=1http://www.iaeme.com/IJCIET/index.asp966>
- [28] M. A. Salau and K. A. Olonode, “Structural Strength Characteristics of Cement-Cassava Peel Ash Blended Concrete,” Online, 2012. [Online]. Available: [www.iiste.org](http://www.iiste.org)
- [29] J. Vargas Neumann, “Normas de Tierra : Ensayos de Tracción Indirecta,” 2016.
- [30] E. L. León Caldas and A. A. Alba Neciosup, “Evaluación de propiedades físico mecánicas del adobe adicionando fibra y ceniza de cáscara de pacay, distrito de Caraz - 2022,” Cesar Vallejo, Chimbote, 2022.
- [31] Juan Carlos Ruge Cárdenas, Fausto Molina-Gómez, and Renato Pinto da Cunha, “Comparación experimental entre la sensibilidad y la cementación en el comportamiento

- no drenado de suelos arcillosos,” *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 29, no. 1, pp. 109–119, 2020, Accessed: Oct. 05, 2023. [Online]. Available: <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v29n1/0718-3305-ingeniare-29-01-109.pdf>
- [32] Borja Bandera, “10 Fuentes de CARBOHIDRATOS SALUDABLES.” Accessed: Oct. 10, 2023. [Online]. Available: [https://www.youtube.com/watch?v=0wjUvv7fbcI&ab\\_channel=Dr.BorjaBandera](https://www.youtube.com/watch?v=0wjUvv7fbcI&ab_channel=Dr.BorjaBandera)
- [33] C. Barba Pacheco, “Síntesis de carboximetilcelulosa (CMC) a partir de pastas de plantas anuales”, Accessed: May 20, 2024. [Online]. Available: [https://repositori.urv.cat/estatic/TDX0011/es\\_TDX285.html](https://repositori.urv.cat/estatic/TDX0011/es_TDX285.html)
- [34] “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater,” 1999.
- [35] Daniel Cabrera Arias and Walter Huaynate Granados, “MEJORAMIENTO DE LAS CONSTRUCCIONES DE ADOBE ANTE UNA EXPOSICIÓN PROLONGADA DE AGUA POR EFECTO DE INUNDACIONES,” Lima, Dec. 2010.
- [36] R. Tucto Machuca, “Incorporación de fibras de pseudo tallo de plátano para mejoramiento de propiedades físico-mecánicas del adobe, Chachapoyas, 2022,” UCV, Lambayeque. Accessed: May 18, 2024. [Online]. Available: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/104879/Tucto\\_MR%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/104879/Tucto_MR%20-%20SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [37] M. R. Guimarães et al. “Comparative study of the characteristics of green and brown coconut fibers for the development of green composites,” *BioResources*, vol. 8, no. 2, pp. 2459-2471, 2013. [Online]. Available: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/comparative-study-of-the-characteristics-of-green-and-brown-coconut-fibers-for-the-development-of-green-composites/>
- [38] C. K. L. Rodriguez and S. J. E. Peña, “Mejoramiento de las características mecánicas del adobe en la construcción de viviendas rurales en Pillco Marca, Huánuco, 2022,” UCV, Ancash.
- [39] C. S. Alfaro Carhuamaca, “Adobe estabilizado mediante el empleo de fibras sintéticas de polipropileno, Tunanmarca - Jauja,” Huancayo, 2019.
- [40] GRECIA DARINKA SANDOVAL ALVARADO, “EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN Y LA RESISTENCIA DEL ADOBE ADICIONADO CON CENIZAS DE CARBÓN Y CAL,” Lambayeque. [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-1027-2267>

## Anexos

**FORMATOS DE LABORATORIO***Anexo 1 Validación de ensayos de laboratorio*



**USAT**  
Universidad Católica  
Santo Toribio de Mogrovejo

**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL AMBIENTAL**  
**LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS**

INFORME N° LEM USAT 021-2024-1

FECHA: 23 de mayo del 2024

### VALIDACIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

**ESTUDIANTE:** Juan Jesús Fernández Cruzado


**TITULO DE LA TESIS:** Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca

El que suscribe, responsable del laboratorio de Ingeniería Civil Ambiental, verifica y da conformidad que los siguientes ensayos de laboratorio realizados por el indicado estudiante se han efectuado en las instalaciones de la USAT, asimismo valida los ensayos realizados fuera de nuestras instalaciones siempre que no se puedan realizar en esta universidad:


- Fluorescencia de rayos x de la ceniza de fibra de cáscara de yuca
- Análisis térmico diferencial de la ceniza de fibra de cáscara de yuca
- Análisis bromatológico de la fibra de la cáscara de yuca
- Calidad del agua
- Contenido de humedad
- Peso unitario suelto y compactado
- Análisis granulométrico
- Límite líquido y plástico
- Gravedad específica
- Resistencia a la compresión de cubos
- Absorción de agua
- Succión de agua
- Tracción indirecta de cilindros
- Tracción indirecta en mortero
- Compresión en pilas
- Tracción indirecta en muretes
- Inundación simulada de muros

Se alcanza al interesado para los fines pertinentes.

Observación: Adjunto



Henry Rivadeneyra Oblitas  
Técnico Laboratorio  
USAT



**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES, SUELOS Y PAVIENTOS**  
**USAT**  
TÉCNICO DE LABORATORIO

**Henry Rivadeneyra Oblitas**  
Responsable de Lab Ing. Civil Ambiental

Anexo 2 Peso unitario del suelo en estado natural



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 05 del setiembre del 2023

SUELOS. Peso Unitario del Suelo en Estado Natural MTC E 203-200

**Muestra** : C-1 M-1  
**Ubicación** : Material Extraído por Solicitante

Peso Unitario del Suelo en Estado Natural Suelto MTC E 203-200				
Peso del Molde + Material suelto	Peso del Molde	Peso del Material	Volumen del Molde	peso x M3
kg	kg	kg	m3	kg/m3
6.244	4.824	1.42	1.34E-03	1,057.31

Peso Unitario del Suelo en Estado Natural Compactado MTC E 203-200				
Material compactado	Peso del Molde	Peso del Material	Volumen del Molde	peso x M3
kg	kg	kg	m3	kg/m3
6.37	4.824	1.54	1.34E-03	1,148.56

  
Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 3 Ensayo peso específico relativo de sólidos (Gs)- Material que pasa la malla N°4



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 29 de agosto del 2023

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G<sub>s</sub>)-Material que pasa la malla N° 4  
 REFERENCIA : NTP 339.131 ASTM D - 854

Elementos	Fórmulas	Unidades			
1. N° de fiola				F-2	F-2
2. Peso de la fiola				F-2	F-2
3. Peso de la muestra de suelo - seco				g. 142.57	142.57
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola	(2+3)			g. 249.57	186.50
5. Peso de la muestra + Fiola + agua				g. 402.14	329.07
6. Peso de la fiola + peso de agua				g. 758.11	729.54
7. Peso específico relativo de sólidos (G <sub>s</sub> )	(3)/((3+6)-5)			g/cm <sup>3</sup> 1.88	1.94
					1.91

OBSERVACIONES :  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Henry Rivas de Neyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio  
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 4 Ensayo de humedad de muestra de suelo*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
Fecha : Chiclayo, 22 del agosto del 2023  
ENSAYO : Humedad de muestra de suelo  
REFERENCIA : NTP 339.127

Elemento	Nomenclatura	Valor	Und
Número de tara		1	
Peso de muestra húmeda+tara	M <sub>cs</sub>	580	gr
Peso de muestra seca-seca al horno+tara	M <sub>s</sub>	520.42	gr
Peso del agua	M <sub>w</sub>	59.62	gr
Peso de tara	M <sub>c</sub>	80	gr
Peso de la muestra seca al horno	M <sub>s</sub>	440.38	gr
Contenido de humedad	w	13.53%	

  
Henry Rivadeneyra Obilias  
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 5 Ensayo para el análisis granulométrico



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES

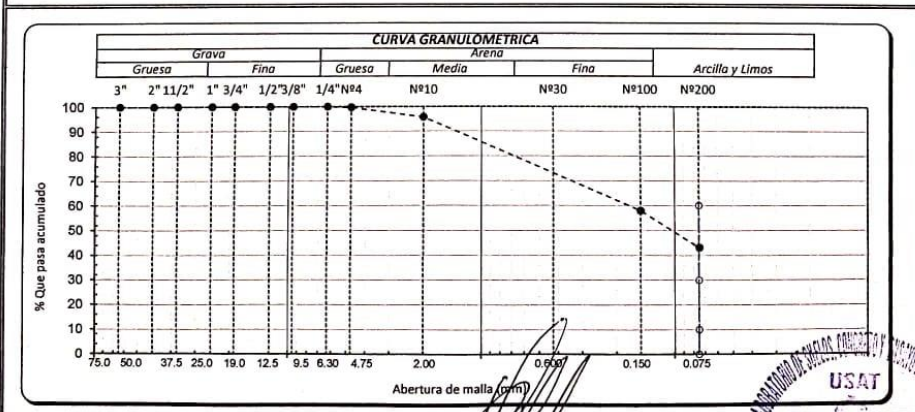


Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 25 de agosto del 2023

ENSAYO SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico

REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999

TAMICES		PESO	% RETENIDO		% QUE	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO TOTAL	: 346.32 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0	PESO LAVADO	: 197.03 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0	PESO FINO	: 346.32 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE LIQUIDO	: 28.0 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0	LIMITE PLASTICO	: 14.00 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0	INDICE PLASTICIDAD	: 14.00 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. AASHTO	: A-6 (3)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	CLASF. SUCS	: SC
1/4"	6.300	0.00	0.0	0.0	100.0	DESCRIPCION DEL SUELO :	
Nº4	4.750	1.16	0.3	0.3	99.7	<i>Arena arcillosa</i>	
Nº10	2.360	13.56	3.9	4.2	95.8		
Nº20	0.850	12.25	3.5	7.7	92.3		
N40	0.425	16.17	4.7	12.4	87.6		
Nº50	0.300	15.26	4.4	16.8	83.2		
Nº100	0.150	87.23	25.2	42.0	58.0		
Nº200	0.075	51.40	14.8	56.8	43.2		
< Nº 200	FONDO	86.2	24.9	81.7	18.3		



Observaciones:  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

USAT  
 TECNICO DE LABORATORIO

Anexo 6 Ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES

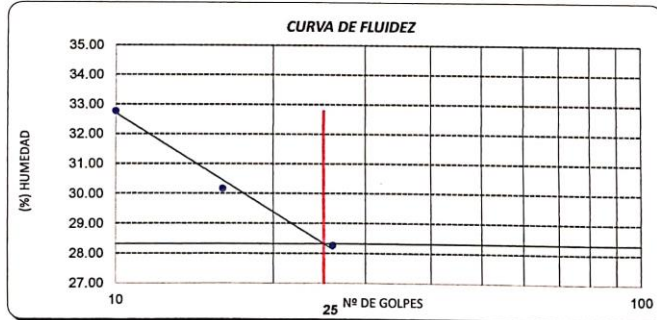


Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 29 del agosto del 2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e Índice de plasticidad del suelo  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.131

Calicata: C-01 Muestra: M-1		Profundidad: 0.10m. - 0.80m.					
0		Límite líquido			Límite Plástico		
N° de tarro		P18	P3	T6	L-10	L-5	L-12
N° de golpes		26	16	10			
Tarro + suelo húmedo		20.53	25.07	23.3	31.4	31.79	37.28
Tarro + suelo seco		17.61	20.87	19.01	30.15	29.73	35.24
Agua		2.92	4.2	4.29	1.25	2.06	2.04
Peso del tarro		7.28	6.95	5.92	17.66	18.09	21.37
Peso del suelo seco		10.33	13.92	13.09	12.49	11.64	13.87
Porcentaje de humedad		28.27	30.17	32.77	10.01	17.70	14.71

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	28.00
Límite Plástico	14.00
Índice de Plasticidad	14.00



Observaciones:  
 - El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del Laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

USAT  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 7 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 17 del octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la compresión  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm2)	Carga (kg)	F'b (kg/cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	125.08	1,722.70	13.77
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	121.33	1,350.30	11.13
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	122.53	2,175.70	17.76
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	123.99	1,156.50	9.33
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	123.08	1,824.60	14.82
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	124.36	1,488.90	11.97

Promedio	14.58
----------	-------

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.  
 F'b: Resistencia a la compresión en unidad entera.

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio  
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 8 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca)*



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 17 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la compresión  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F'b (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	119.59	1,695.30	14.18
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	118.41	1,593.90	13.46
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	118.73	2,145.20	18.07
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	120.24	1,635.40	13.60
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	121.01	1,811.40	14.97
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	126.28	1,282.60	10.16
Promedio				15.20

**NOTA:**

Se promedian los 4 mejores resultados.

F'b: Resistencia a la compresión en unidad entera.

**OBSERVACIONES:**

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 9 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 17 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la compresión  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm2)	Carga (kg)	F'b (kg/cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	127.07	1,218.90	9.59
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	123.35	1,349.80	10.94
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	119.40	1,787.40	14.97
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	122.01	1,802.20	14.77
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	120.03	1,511.60	12.59
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	124.46	1,956.80	15.72

Promedio	14.51
----------	-------

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.  
 F'b: Resistencia a la compresión en unidad entera.  
 OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Tec. Laboratorio  
 USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 10 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES




Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 17 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la compresión  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F'b (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	121.66	1,661.40	13.66
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	120.85	1,458.20	12.07
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	119.57	1,486.60	12.43
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	121.94	1,540.20	12.63
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	117.48	1,261.30	10.74
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	119.46	1,776.10	14.87

Promedio 13.40

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.  
 F'b: Resistencia a la compresión en unidad entera.  
 OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  


LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 USAT  
  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo II Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la compresión (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

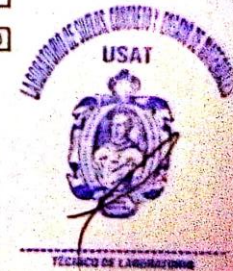
Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Ingeniería Civil Ambiental  
 Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Guanabali, Ferreñafe, Lambayeque  
 Chiclayo, 17 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la compresión  
 REFERENCIA: NORMA E 060

Muestra N°	Denominación de la unidad	Área bruta (cm <sup>2</sup> )	Carga (kg)	F'b (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	117.41	1.652.30	14.07
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	119.65	1.139.10	9.52
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	121.78	1.730.90	14.21
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	119.31	1.364.50	11.44
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	123.83	1.835.10	14.82
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	119.20	1.536.10	12.89
Promedio				14.00

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados  
 F'b: Resistencia a la compresión en unidad entera.  
 OBSERVACIONES  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio

Henry Rivasdeneyra Oblitus  
 Tec. LAMBAYEQUE  
 USAT



Anexo 12 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 14 de setiembre del 2023

ENSAYO: Absorción de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	% de absorción
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,340.00	1,275.00	-4.85%
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,514.00	1,231.00	-18.69%
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,477.00	1,372.00	-7.11%
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,485.00	1,222.00	-17.71%
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,522.00	1,195.00	-21.48%
		Promedio		-9.89%

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry  
 Rivasdeneyra  
 Oblitas  
 Tec. Laboratorio  
 USAT



Anexo 13 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 14 de setiembre del 2023


ENSAYO: Absorción de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	% de absorción
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,499.00	1,268.00	-15.41%
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,456.00	1,356.00	-6.87%
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,480.00	1,349.00	-8.85%
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,452.00	1,348.00	-7.16%
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,505.00	1,389.00	-7.71%

Promedio	-7.25%
----------	--------

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



*Anexo 14 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 14 de setiembre del 2023

ENSAYO: Absorción de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	% de absorción
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,429.00	1,349.00	-5.60%
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,449.00	1,346.00	-7.11%
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,457.00	1,265.00	-13.18%
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,384.00	1,235.00	-10.77%
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,483.00	1,289.00	-13.08%

Promedio	-7.82%
----------	--------

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Tec. Laboratorio  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo



TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 15 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 14 de setiembre del 2023

ENSAYO: Absorción de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	% de absorción
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,413.00	1,305.00	-7.64%
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,432.00	1,304.00	-8.94%
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,401.00	1,205.00	-13.99%
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,471.00	1,256.00	-14.62%
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,332.00	1,248.00	-6.31%

Promedio	-7.63%
----------	--------

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Obittas*  
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 16 Ensayo de absorción de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca)*



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



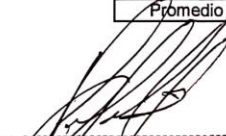
: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 14 de setiembre del 2023

ENSAYO: Absorción de las unidades de tierra reforzada  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	% de absorción
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,360.00	1,250.00	-8.09%
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,395.00	1,235.00	-11.47%
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,361.00	1,229.00	-9.70%
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,435.00	1,246.00	-13.17%
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,392.00	1,240.00	-10.92%

Promedio	-9.57%
----------	--------

OBSERVACIONES:  
El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



Anexo 17 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha





: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 23 de octubre del 2023

ENSAYO: Succión de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Succión (gr/min/200 cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,367.00	1,351.00	30.76
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,274.00	1,250.00	45.33
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,432.00	1,398.00	65.05
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,392.00	1,350.00	79.55
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	1,440.00	1,360.00	153.83

Promedio - 77.05

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneira Obitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
  
  
  
  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 18 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 23 de octubre del 2023

ENSAYO: Succión de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Succión (gr/min/200 cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,389.00	1,356.00	64.13
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,378.00	1,369.00	17.59
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,359.00	1,349.00	18.89
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,375.00	1,365.00	19.14
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	1,394.00	1,380.00	26.47

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Promedio - 18.54

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 Henry Rivañeyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 19 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 23 de octubre del 2023


ENSAYO: Succión de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Succión (gr/min/200 cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,405.00	1,402.00	5.77
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,419.00	1,405.00	26.10
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,299.00	1,280.00	33.80
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,364.00	1,348.00	30.08
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	1,397.00	1,368.00	54.85

Promedio - 20.65

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



*Anexo 20 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 23 de octubre del 2023

ENSAYO: Succión de las unidades de tierra reforzada  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Succión (gr/min/200 cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,397.00	1,380.00	31.19
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,394.00	1,349.00	83.23
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,355.00	1,336.00	36.20
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,400.00	1,359.00	78.09
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	1,324.00	1,315.00	17.04

Promedio - 28.15

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT




LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



*Anexo 21 Ensayo de succión de las unidades de tierra reforzada (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca)*



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 23 de octubre del 2023

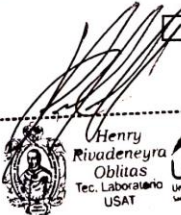

ENSAYO: Succión de las unidades de tierra reforzada  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Succión (gr/min/200 cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,302.00	1,250.00	95.82
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,290.00	1,280.00	18.53
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,267.00	1,245.00	41.89
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,332.00	1,320.00	22.51
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	1,210.00	1,185.00	48.01


Promedio - 27.85

OBSERVACIONES:  
El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS Y MATERIALES  
USAT  
UNIVERSIDAD CATÓLICA  
SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
TÉCNICO DE LABORATORIO



*Anexo 22 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca)*



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 24 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral

REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga (kg)	Ftk (kg/cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	289.10	140.00	1,229.10	1.93
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	283.60	141.75	1,606.10	2.54
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	278.90	146.35	998.50	1.56
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	275.50	142.15	998.50	1.62
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	291.00	144.20	1,364.00	2.07
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	289.50	146.10	903.00	1.36
Promedio					2.04

**NOTA:**

Se promedian los 4 mejores resultados.

Ftk: Resistencia a la compresión en unidad entera.

**OBSERVACIONES:**

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 23 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 24 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga (kg)	Ftk (kg/cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	296.50	144.60	601.30	0.89
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	296.50	140.85	1,528.30	2.33
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	287.00	142.70	1,492.90	2.32
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	295.80	152.30	1,510.80	2.13
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	297.40	142.30	1,600.90	2.41
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	306.90	141.83	1,346.10	1.97

Promedio 2.30

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.  
 Ftk: Resistencia a la compresión en unidad entera.  
 OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo 24 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 24 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga (kg)	Ftk (kg/cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	283.30	143.75	1,577.40	2.47
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	291.60	142.50	1,446.00	2.22
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	285.00	140.10	1,475.30	2.35
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	289.00	144.45	1,169.30	1.78
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	289.60	145.93	1,137.00	1.71
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	289.40	144.80	1,223.20	1.86

Promedio	2.22
----------	------

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.  
 Ftk: Resistencia a la compresión en unidad entera.  
 OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivas Obilias*  
 Henry Rivas Obilias  
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 25 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 24 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral  
 REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga (kg)	Ftk (kg/cm2)
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	288.45	147.40	1,270.80	1.90
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	285.90	146.20	986.00	1.50
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	277.20	146.30	1,220.60	1.92
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	282.80	143.55	1,380.50	2.16
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	285.00	142.10	1,204.90	1.89
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	291.00	142.68	1,701.50	2.61

Promedio 2.15

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.  
 Ftk: Resistencia a la compresión en unidad entera.  
 OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TECNICO DE LABORATORIO

*Anexo 26 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral (10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 24 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción diametral  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Diámetro promedio (mm)	Carga (kg)	Ftk (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	286.00	144.40	1,263.70	1.95
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	290.40	146.00	884.80	1.33
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	287.00	142.40	1,424.10	2.22
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	285.30	143.30	1,250.90	1.95
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	284.70	145.40	1,478.40	2.27
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	277.85	145.60	1,240.80	1.95


Promedio	2.10
----------	------

**NOTA:**

Se promedian los 4 mejores resultados.  
Ftk: Resistencia a la compresión en unidad entera.

**OBSERVACIONES:**

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
Henry Ribadeneyra Obitas  
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 27 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
(10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 26 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Tracción indirecta del mortero (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	151.15	76.19	205.80	0.97
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	149.66	73.92	214.60	1.05
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	152.59	75.95	192.80	0.89
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	147.35	75.25	380.50	1.90
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	146.33	77.28	170.40	0.84
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	149.23	73.43	195.50	0.95

Promedio 1.22

NOTA:  
Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:  
El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

*Anexo 28 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
(10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 26 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
REFERENCIA: NORMA E.090

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Tracción indirecta del mortero (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	152.33	77.25	196.90	0.89
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	151.36	73.20	290.90	1.40
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	151.09	74.26	300.50	1.43
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	151.62	74.66	206.80	0.99
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	151.67	73.39	300.40	1.44
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	150.83	72.98	290.80	1.41
Promedio					1.42

NOTA:  
Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:  
El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

Henry Rivadeneiry Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT

LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES  
USAT  
UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 29 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
(10% de cal + 1% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 26 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Tracción indirecta del mortero (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	152.05	75.75	220.30	1.02
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	151.60	80.20	279.40	1.22
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	152.82	73.26	187.70	0.89
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	151.93	75.61	207.30	0.98
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	153.12	75.11	211.60	1.00
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1% de fibra de cáscara de yuca	151.91	76.81	280.70	1.30

Promedio 1.14

NOTA:  
Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:  
El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 Henry Rivadeneyra Obillas  
 Tec. Laboratorio USAT

  
 USAT  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Resistencia de Materiales  
 TECNICO DE LABORATORIO

*Anexo 30 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
(10% de cal + 1.5% fibra de cáscara de yuca)*



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 26 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Tracción indirecta del mortero (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	153.65	76.92	136.60	0.62
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	154.31	76.39	150.80	0.68
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	150.08	77.51	196.60	0.93
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	152.62	74.79	210.80	0.98
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	151.73	78.24	246.50	1.16
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+1.5% de fibra de cáscara de yuca	146.80	75.43	257.10	1.27

Promedio	1.08
----------	------

NOTA:

Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 31 Ensayo de resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
(10% de cal + 2% fibra de cáscara de yuca)*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de  
tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 26 de octubre del 2023

ENSAYO: Resistencia de bloques de tierra a la tracción indirecta del mortero  
REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Tracción indirecta del mortero (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	153.21	73.11	238.70	1.14
2	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	152.76	76.73	259.50	1.18
3	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	148.71	78.77	246.90	1.12
4	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	151.30	74.23	234.60	1.16
5	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	149.08	78.21	213.60	0.99
6	Unidad de tierra estabilizada con 10% de cal+2% de fibra de cáscara de yuca	149.68	76.55	247.70	1.19

Promedio	1.16
----------	------

NOTA:

Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

  
 USAT  
 Laboratorio de Suelos, Concreto y Resistencia de Materiales  
 TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 32 Ensayo de resistencia de pilas a la compresión conformado por unidades con  
10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca*



Tesista  
Escuela  
Tesis  
Lugar  
Fecha

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
: Ingeniería Civil Ambiental  
: Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de  
tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
: Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
: Chiclayo, 6 de mayo del 2024

ENSAYO: Resistencia a la compresión de pilas de bloques de tierra

REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Compresión de pila (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	174.50	116.75	281.25	2,293.60	11.26
2	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	178.00	115.25	279.50	1,152.40	5.62
3	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	179.25	117.75	283.00	1,315.80	6.23
4	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	173.25	116.75	292.50	2,074.20	10.25
5	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	177.50	121.00	288.25	1,808.00	8.42
6	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	177.25	117.50	274.00	2,145.90	10.30

Promedio	2.51
----------	------

NOTA:  
Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:  
El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TECNICO DE LABORATORIO

*Anexo 33 Ensayo de resistencia de pilas a la compresión conformado por unidades con 10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 6 de mayo del 2024

ENSAYO: Resistencia a la compresión de pilas de bloques de tierra

REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Compresión de pila (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	172.25	115.75	288.75	1,966.70	9.86
2	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	176.25	114.25	286.25	2,274.50	11.30
3	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	174.75	117.25	289.00	1,596.90	7.79
4	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	175.88	113.25	284.00	2,356.30	11.83
5	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	175.25	117.50	288.25	1,387.10	6.74
6	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca	175.25	119.00	281.00	2,281.80	10.94

Promedio 2175

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Henry Rivadeneira Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo 34 Ensayo de resistencia de pilas a la compresión conformado por unidades con 10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca)



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista  
 Escuela  
 Tesis  
 Lugar  
 Fecha

: Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 : Ingeniería Civil Ambiental  
 : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 : Chiclayo, 6 de mayo del 2024

ENSAYO: Resistencia a la compresión de pilas de bloques de tierra

REFERENCIA: NORMA E.080

Muestra N°	Denominación de la unidad	Largo promedio (mm)	Ancho promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Carga (kg)	Compresión de pila (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	176.50	119.00	285.50	1,231.70	5.86
2	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	178.00	120.50	279.25	1,160.30	5.41
3	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	177.00	117.25	275.75	1,466.20	7.06
4	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	177.50	118.00	280.75	1,242.60	5.93
5	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	176.25	117.50	284.75	947.60	4.58
6	Pila conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0% de fibra de cáscara de yuca	177.25	119.50	282.25	1,556.40	7.35

Promedio	1.64
----------	------

NOTA:  
 Se promedian los 4 mejores resultados.

OBSERVACIONES:  
 El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Tec. Laboratorio USAT



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES  
 USAT  
 Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



## Anexo 35 Ficha de calibración de prensa de muretes PERUTEST-Parte 1



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	1912-2023
2. Solicitante	LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W&C E.I.R.L.
3. Dirección	CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAGROS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
4. Equipo	PRENSA DE MURETES
Capacidad	20000 kgf
Marca	NO INDICA
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	PERÚ
Identificación	LF-057
Indicación	DIGITAL
Marca	HIGH WEIGHT
Modelo	315A
Número de Serie	NO INDICA
Resolución	10 kgf
Ubicación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2023-03-01

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2023-03-02

JOSE ALEJANDRO FLORES MANAYA



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 [www.perufest.com.pe](http://www.perufest.com.pe)

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ [ventas@perufest.com.pe](mailto:ventas@perufest.com.pe)  
🏢 PERUTEST SAC

## Anexo 36 Ficha de calibración de prensa de muretes PERUTEST-Parte 2



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 057 - 2023

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

### 6. Método de Calibración

La calibración se realiza por comparación directa entre el valor de fuerza indicada en el dispositivo indicador de la máquina a ser calibrada y la indicación de la fuerza real tomada del instrumento de medición de fuerza patrón siguiendo la PC-032 "Procedimiento para la calibración de máquinas de ensayos uniaxiales" Edición 01 del INACAL - DM.

### 7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.  
CALLE LA FE NRO 0167 UPIS SEÑOR DE LOS MILAARDOS - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

### 8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26.1 °C	26.1 °C
Humedad Relativa	65 % HR	65 % HR

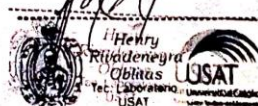


### 9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-005 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE 093-23 (B)
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: LF-001 Capacidad: 10,000 kg.f	INF-LE 093-23 A/C

### 10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 2.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 www.perutest.com.pe

📍 Av. Chillón Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ ventas@perutest.com.pe  
🏢 PERUTEST SAC

## Anexo 37 Ficha de calibración de prensa de muretes PERUTEST-Parte 3



# PERUTEST S.A.C.

VENTA Y FABRICACIÓN DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**PT - LF - 057 - 2023**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

### 11. Resultados de Medición

TÉCNICO DE LABORATORIO

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	$F_i$ (kgf)	Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	2000	1990	2000	2000	1996
20	4000	4001	4021	4001	4008
30	6000	6042	6042	6042	6042
40	8000	8044	8044	8044	8044
50	10000	10046	10046	10046	10046
60	12000	12048	12048	12048	12048
70	14000	14050	14050	14050	14050
80	16000	16052	16052	16052	16052
90	18000	18054	18054	18054	18054
100	20000	20057	20057	20057	20057
Retorno a Cero		100.0	100.0	120.0	

Indicación del Equipo $F$ (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre $U$ (k=2) (%)
	Exactitud $a$ (%)	Repetibilidad $b$ (%)	Reversibilidad $v$ (%)	Resol. Relativa $a$ (%)	
2000	0.39	0.50	1.00	0.50	0.66
4000	0.36	0.50	2.56	0.25	1.20
6000	-0.35	0.00	1.41	0.17	0.79
8000	-0.27	0.00	1.10	0.13	0.65
10000	-0.23	0.00	0.91	0.10	0.57
12000	-0.20	0.00	0.79	0.08	0.52
14000	-0.18	0.00	0.71	0.07	0.49
16000	-0.16	0.00	0.65	0.06	0.47
18000	-0.15	0.00	0.60	0.06	0.46
20000	-0.14	0.00	0.57	0.05	0.44

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ ) - 0.60 %



### 12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

☎ 913 028 621 / 913 028 622  
☎ 913 028 623 / 913 028 624  
🌐 [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)

📍 Av. Chillon Lote 50B - Comas - Lima - Lima  
✉ [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe)  
🏢 PERUTEST SAC

Anexo 38 Ensayo de resistencia de muretes a tracción diagonal conformado por unidades con 10% de cal + 0% fibra de cáscara de yuca



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyc@ gmail.com

Solicitud de Ensayo : 1305A-24/ LEMS W&C  
Solicitante : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado

Proyecto / Obra : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Lunes, 13 de mayo del 2024  
Inicio de ensayo : Lunes, 13 de mayo del 2024  
Fin de ensayo : Lunes, 13 de mayo del 2024

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión diagonal.

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm <sup>2</sup>	Altura/espesor	P kgf	Resistencia Compresión kgf/cm <sup>2</sup>
01	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL	15/04/2024	13/05/2024	28	11.9	54.2	56.6	932.21662	4.8	168	0.18
02	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL	15/04/2024	13/05/2024	28	11.5	55.3	56.7	909.08035	4.9	0	0.00
03	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL	15/04/2024	13/05/2024	28	11.9	55.5	56.9	941.72722	4.8	325	0.35
04	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL	15/04/2024	13/05/2024	28	11.9	54.1	55.9	921.91411	4.7	359	0.39
05	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL	15/04/2024	13/05/2024	28	12.5	53.4	56.1	966.69675	4.5	362	0.40
06	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL	15/04/2024	13/05/2024	28	12.2	54.6	56.8	962.59162	4.6	143	0.15
PROMEDIO DE LAS 4 MEJORES MUESTRAS_28 días									0.33		(Kg/Cm2)

OBSERVACIONES:  
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

*Henry Rivalta*  
Henry Rivalta Obilias  
Tec. Laboratorio USAT  
USAT Universidad Católica Santa Rosa de Lima

LEMS W&C EIRL.  
*Wilson Arturo Olaya Aguilár*  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TÉCNICO DE LABORATORIO

LEMS W&C EIRL.  
*Miguel Ángel Ruiz Perales*  
MIGUEL ÁNGEL RUIZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 246594

LABORATORIO DE SUELOS, ROZOS Y CÁLCULO DE MATERIAS  
USAT  
*[Firma]*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

Anexo 39 Ensayo de resistencia de muretes a tracción diagonal conformado por unidades con 10% de cal + 0.5% fibra de cáscara de yuca)



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswycerl@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 1305A-24/ LEMS W&C  
Solicitante : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado

Proyecto / Obra : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Lunes, 13 de mayo del 2024  
Inicio de ensayo : Lunes, 13 de mayo del 2024  
Fin de ensayo : Lunes, 13 de mayo del 2024

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión diagonal.

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm2	Altura/ espesor	P kgf	Resistencia Compresión kg/cm2
01	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% FIBRA DE CÁSCARA DE YUCA	15/04/2024	13/05/2024	28	12.2	57.9	55.7	980.69	4.6	483	0.49
02	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% FIBRA DE CÁSCARA DE YUCA	15/04/2024	13/05/2024	28	11.9	57.3	56.9	963.46	4.8	356	0.37
03	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% FIBRA DE CÁSCARA DE YUCA	15/04/2024	13/05/2024	28	11.9	55.6	57.1	944.50	4.8	330	0.35
04	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% FIBRA DE CÁSCARA DE YUCA	15/04/2024	13/05/2024	28	11.9	55.9	55.9	936.38	4.7	393	0.42
05	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% FIBRA DE CÁSCARA DE YUCA	15/04/2024	13/05/2024	28	12.3	57.5	57.3	996.41	4.7	442	0.44
06	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% FIBRA DE CÁSCARA DE YUCA	15/04/2024	13/05/2024	28	11.6	57.5	56.6	936.42	4.9	277	0.30
PROMEDIO DE LAS 4 MEJORES MUESTRAS_28 días									0.43		(Kg/Cm2)

**OBSERVACIONES:**  
- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
Téc. ENGENIERO EN MATERIALES Y SUELOS

LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGEL RUIZ GERALES  
INGENIERO EN MATERIALES Y SUELOS  
CIP: 241



Henry Rivadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



Anexo 40 Ensayo de resistencia de muretes a tracción diagonal conformado por unidades con 10% de cal + 0.5% de ceniza de fibra de cáscara de yuca



Certificado INDECOP N° 00137704 RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceir@gmail.com

Solicitud de Ensayo : 1305A-24/ LEMS W&C  
Solicitante : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado

Proyecto / Obra : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca

Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.

Fecha de Apertura : Lunes, 13 de mayo del 2024  
Inicio de ensayo : Lunes, 13 de mayo del 2024  
Fin de ensayo : Lunes, 13 de mayo del 2024

Ensayo : ADOBE. Esfuerzo de rotura mínima para medir la resistencia del murete a compresión diagonal.

Referencia : NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada - 2017.

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo	Edad (días)	Espesor cm	Longitud cm	Altura cm	Área cm2	Altura/ espesor	P kgf	Resistencia Compresión kgf/cm2
01	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% CENIZA DE CÁSCARA	15/04/2024	13/05/2024	28	11.3	55.7	56.5	892.81	5.0	175.00	0.20
02	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% CENIZA DE CÁSCARA	15/04/2024	13/05/2024	28	11.8	55.7	56.5	931.91	4.8	366.00	0.39
03	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% CENIZA DE CÁSCARA	15/04/2024	13/05/2024	28	11.8	56.3	56.1	940.49	4.7	163.00	0.17
04	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% CENIZA DE CÁSCARA	15/04/2024	13/05/2024	28	12.1	53.9	56.8	947.72	4.7	372.00	0.39
05	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% CENIZA DE CÁSCARA	15/04/2024	13/05/2024	28	12.3	55.6	56.8	977.46	4.6	395.00	0.40
06	MURETE-ADOBE PATRÓN CON 10% DE CAL + 0.5% CENIZA DE CÁSCARA	15/04/2024	13/05/2024	28	12.0	56.0	57.5	961.14	4.8	584.00	0.61
PROMEDIO DE LAS 4 MEJORES MUESTRAS_28 días									0.45	(Kg/Cm2)	

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL.  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



LEMS W&C EIRL.  
MIGUEL ANGELO BUZ PERALES  
INGENIERO CIVIL  
CIP 246504

Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT

*Anexo 41 Constancia de realización de ensayos en el laboratorio LEMS W&C*



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Chiclayo – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: lemswyceir@gmail.com

**CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN**

**Chiclayo, 20 de mayo del 2024**

**Quien suscribe:**

**Sr. Wilson Arturo Olaya Aguilar**

**Representante Legal – LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS  
W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L.**

**AUTORIZA:** Permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca”.

Por el presente, el que suscribe, Wilson Arturo Olaya Aguilar representante legal de la empresa LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS W & C E.I.R.L. - LEMS W & C E.I.R.L. **AUTORIZO** al estudiante Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado identificado con DNI N° 73018840 estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Ambiental de la UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO y autor del trabajo de investigación denominado “Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca” para el uso de laboratorio técnico y formatos de procesamiento de datos y cálculo para obtención de resultados de control de calidad en efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis, enunciada líneas arriba de quien solicita se garantice la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Ensayos realizados:

- Ensayo de compresión diagonal o tracción indirecta. NORMA E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada (18)

Atentamente.

  
Henry  
Ribadeneyra  
Oblitas  
Tec. Laboratorio  
USAT



  
**LEMS W&C E.I.R.L.**  
WILSON ARTURO OLAYA AGUILAR  
GERENTE GENERAL

TÉCNICO DE LABORATORIO

*Anexo 42 Ensayo de inundación simulada realizada en muro conformado por unidades de 10% de cal con 0.5% de fibra de cáscara de yuca*



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL  
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y RESISTENCIA DE MATERIALES



Tesista : Juan Jesús Ángel Fernández Cruzado  
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental  
 Tesis : Análisis de las propiedades físico-mecánicas de bloques de tierra estabilizadas con cal y reforzadas con fibra de cáscara de yuca  
 Lugar : Guanabal, Ferreñafe, Lambayeque  
 Fecha : Chiclayo, 17 de mayo del 2024

ENSAYO: Resistencia a la inundación simulada de muros de bloques de tierra

REFERENCIA: Otras investigaciones (PUCP)

Muestra N°	Denominación de la unidad	Tiempo (min)	Capilaridad (cm)	Volumen absorbido acumulado (lts)
1	Muro conformado por unidades de tierra estabilizada con 10% de cal+0.5% de fibra de cáscara de yuca	-	-	-
		5.00	1.00	6.60
		10.00	1.50	11.00
		15.00	2.00	13.75
		20.00	3.00	15.40
		25.00	3.40	16.50
		30.00	4.50	17.05
		35.00	5.00	19.25
		40.00	5.80	20.90
		45.00	6.80	21.45
		50.00	7.00	22.00
		60.00	7.20	22.55
		70.00	7.50	23.65
		80.00	-	-

MÁXIMA CAPILARIDAD (cm)	7.50
MÁXIMO VOLUMEN (lts)	23.65
TIEMPO DE CAÍDA (min)	80.00

**NOTA:**

TIEMPO: Se controló desde que el muro fue inundado hasta su volteo por la acción erosiva del agua  
 CAPILARIDAD: Medida del ascenso del agua (cm) a través de marcas realizadas con tiza  
 ABSORCIÓN: Medida del volumen absorbido acumulado, tomando de referencia lo que se uso para alcanzar 1 cm de agua dentro de la poza

**OBSERVACIONES:**

El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*Henry Rivadeneira Oblitas*  
 Tec. Laboratorio USAT



TECNICO DE LABORATORIO

## Anexo 43 Calidad de agua que se usó para la elaboración de las muestras de barro



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS  
UNIDAD DE SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE ANÁLISIS N° 90 – 2023 – FIQIA

1. DATOS DE CLIENTE: Fernández Cruzado Juan Jesús Ángel
2. DNI: 73018840
3. NOMBRE DEL PROYECTO: Análisis de las Propiedades Físico – Mecánicas de Bloques de Tierra Estabilizadas con Cal y Reforzadas con Fibras de Cascara de Yuca
4. DATOS DE LA MUESTRA
  - Número de muestras : 01
  - Fecha de monitoreo : 08-09-2023
  - Matriz : AGUAS
  - Envase : Botella Plástica



5. RESULTADOS DE ANÁLISIS

MÉTODO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADO	LMP
Turbiedad	NTU	13.40	5
pH	—	7.35	6.5 a 8.5
Conductividad	uS/cm	633.00	1500
Sólidos Totales Disueltos	ppm	315.00	1000
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> / L	31.09	250
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> / L	56.43	250
Dureza Total	mg CaCO <sub>3</sub> / L	88.00	500
%NaCl	%	1.2	---

6. CONCLUSIONES

- La muestra se analizó siguiendo los procedimientos de control de calidad establecidos por la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, teniendo como referente la norma Estándar Métodos para el análisis de aguas (Standard Methods 24 th Edition).

Firma		Firma	
Analista	Marilyn Catherine Quinteros Vilchez	V*B*	Dr. César Augusto Monteza Arbulú
Fecha del Reporte	16 de mayo del 2023		

## Anexo 44 Características físicas de la muestra de tierra seleccionada

## LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



## INFORME DE ANÁLISIS FQA PERU SAC

SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ CRUZADO JUAN JESÚS ÁNGEL
NOMBRE DEL PROYECTO:	“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADAS CON CAL Y REFORZADAS CON FIBRAS DE CÁSCARA DE YUCA”
MUESTRA	: SUELO
PROCEDENCIA	:
FECHA DE INGRESO	: 08 DE SETIEMBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

CODIFICACIÓN DE MUESTRA	SUELO 001	S01
-------------------------	-----------	-----

PARÁMETROS REQUERIDOS	pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> (%)	M.O. (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Análisis Mecánico			Clase Textural
								Arena %	Limo %	Arcilla %	
RESULTADOS DEL ANÁLISIS	8.62	0.81	0.62	24.33	0.98	47.16	172	56.11	26.52	17.37	FRANCO ARENOSO

CIC	Cationes cambiables					Suma de cationes	Suma de bases	%Sat. De bases
	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
meq/100g								
6.49	4.12	1.57	0.42	0.29	0.09	6.49	5.69	98.61

\*C.E.: Conductividad eléctrica, M.O.: Materia orgánica, P: fósforo, N: nitrógeno, K: potasio, CIC: Capacidad de intercambio catiónico, Ca<sup>2+</sup>: iones calcio, Mg<sup>2+</sup>: iones magnesio, K<sup>+</sup>: iones potasio, Na<sup>+</sup>: iones sodio  
TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2023

Henry Ribadeneyra Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  
USAT Universidad Católica Lima Sede de Trujillo

CARLOS ZERVO ALQUIRAN  
INGENIERO QUÍMICO  
CIP 122588



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Anexo 45 Ensayo de Análisis térmico diferencial ATD y Análisis termogravimétrico  
TGA en las cenizas de fibra de cáscara de yuca

**LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.**

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL  
ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL**

SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ CRUZADO JUAN JESÚS ÁNGEL
NOMBRE DEL PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADAS CON CAL Y REFORZADAS CON FIBRAS DE CÁSCARA DE YUCA"
MUESTRA	: FIBRA DE LA CÁSCARA DE YUCA
PROCEDENCIA	:
FECHA DE INGRESO	: 08 DE SETIEMBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

**1. MUESTRA: CENIZA DE CÁSCARA DE YUCA (10. GR)**

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	50 MG	

**2. ENSAYOS A APLICAR**

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

**3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG\_DTA\_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS\_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967 ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 MG

JEFE DE LABORATORIO  
ANALISTA RESPONSABLE

Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT  
USAT  
Universidad Católica  
Lima - Perú



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Anexo 46 Curva TGA y ATD

**LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.**

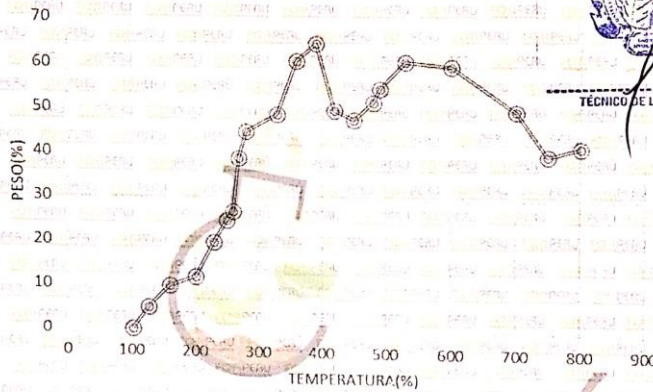
ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



**4. RESULTADOS**

**c. CURVA TGA Y ATD**



**5. CONCLUSIONES**

- Para la presente investigación de la CENIZA DE CÁSCARA DE YUCA, El material llega a perder un aproximado de 21% de masa, respecto a su masa inicial a la temperatura máxima de ensayo.
- El análisis termo gravimétrico de CENIZA DE CÁSCARA DE YUCA, indica un pico de temperatura máxima de 394 °C por un periodo de tiempo de 1.5hr. entre 310 y 420 °C

*[Signature]*  
**CARLOS ALBERTO VALQUINDEZ**  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP 122588

*[Signature]*  
**Henry Rivadeneira Oblitas**  
 Tec. Laboratorio USAT

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2023

**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

**CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com**

## Anexo 47 Ensayo de fluorescencia de rayos x

## LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



### REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ CRUZADO JUAN JESÚS ÁNGEL
NOMBRE DEL PROYECTO:	"ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADAS CON CAL Y REFORZADAS CON FIBRAS DE CÁSCARA DE YUCA"
MUESTRA	: FIBRA DE LA CÁSCARA DE YUCA
PROCEDENCIA	:
FECHA DE INGRESO	: 08 DE SETIEMBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

## MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

## 1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

## CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: lg/l.

## 2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 250 mg de la muestra de CENIZA DE CÁSCARA DE YUCA, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

## 3. METODO

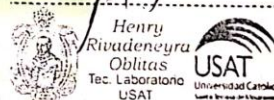
- BASADO EN LA NORMA : ASTM C25
- VOLUMETRIA : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



Henry Rivadeneira Oblitas  
Tec. Laboratorio USAT



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Anexo 48 Resultados del ensayo de fluorescencia de rayos x de la ceniza de fibra de cáscara de yuca

**LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.**

**ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189**

**4. RESULTADOS**

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O <sub>2</sub> )	56.19	Espectrometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	13.07	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	14.11	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	2.39	
OXIDO DE POTASIO (K <sub>2</sub> O)	3.17	
OXIDO DE TITANIO (Ti O)	0.12	
OXIDO DE ESTRONCIO (Sr O)	<0.01	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.19	
DIOXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> )	0.043	
OXIDO DE ZINC (Zn O)	0.03	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	<0.01	
PÉRDIDA POR QUEMADO	10.69	

**5. CONCLUSION**

□ Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente Calcio (Ca), sílice (Si), Aluminio (Al) y Potasio (K) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; hierro (Fe), titanio (Ti), estroncio (Sr), cobre (Cu), azufre (S), zinc (Zn) y manganeso (Mn).

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2023

  
 CARLOS ALBEIRO  
 INGENIERO QUÍMICO  
 CIP 122588

  
 USAT  
 LABORATORIO DE CIENCIAS QUÍMICAS Y SERVICIOS GENERALES

  
 Henry Rivadeneyra Oblitas  
 Tec. Laboratorio USAT

  
 USAT  
 Universidad Católica  
 Lima - Av. de la Universidad

TÉCNICO DE LABORATORIO

**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

**CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com**

Anexo 49 Composición química de la fibra de la cáscara de yuca en 100g. de materia

**LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.**

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



**INFORME DE ANÁLISIS  
F.Q.A. PERÚ S.A.C.**

SOLICITANTE	: FERNÁNDEZ CRUZADO JUAN JESÚS ÁNGEL
NOMBRE DEL PROYECTO:	“ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE BLOQUES DE TIERRA ESTABILIZADAS CON CAL Y REFORZADAS CON FIBRAS DE CÁSCARA DE YUCA”
MUESTRA	: FIBRA DE LA CÁSCARA DE YUCA
PROCEDENCIA	:
FECHA DE INGRESO	: 08 DE SETIEMBRE DEL 2023
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

**ANÁLISIS BROMATOLÓGICO:**

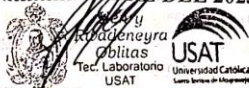
Composición químico proximal de la Fibra de la cáscara de yuca en 100g. de materia.

CÓDIGO DE MUESTRA	FIBRA DE LA CÁSCARA DE YUCA	
	UNIDADES	RESULTADO
CARBONO	%	34.6 ± 0.5
HIDRÓGENO	%	3.16 ± 0.5
NITRÓGENO	%	0.23
AZUFRE	%	0.11 ± 0.02
CENIZAS	%	1.64 ± 0.05
PECTINA	%	2.86
LIGNINA	%	2.09
CELULOSA	%	19.68
HEMICELULOSA	%	6.43

\*MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:

Proteína: NTP 205.005/79; Grasa: NTP 205.006/80; Humedad: NTP 205.002/79, Cenizas: NTP 205.004/79 y carbohidratos, por cálculo.

TRUJILLO, 15 DE SETIEMBRE DEL 2023



**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL**

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

## ***EVIDENCIA DE REALIZACIÓN DE ENSAYOS***

### **COMPRESIÓN EN PILAS**



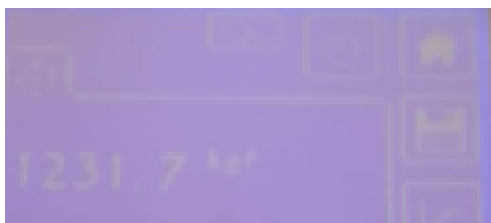
*Anexo 50 Colocación de los platos de compresión*



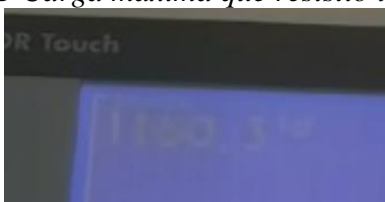
*Anexo 51 Pilas patrón*



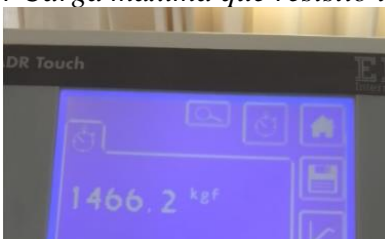
*Anexo 52 Comienzo del ensayo a compresión de la pila 1*



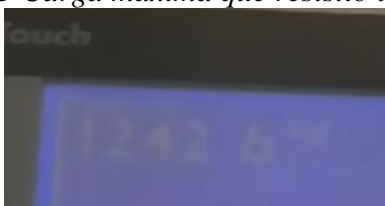
*Anexo 53 Carga máxima que resistió la pila P1*



*Anexo 54 Carga máxima que resistió la pila P2*



*Anexo 55 Carga máxima que resistió la pila P3*



*Anexo 56 Carga máxima que resistió la pila P4*



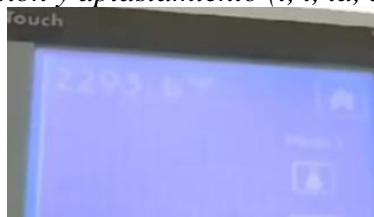
*Anexo 57 Carga máxima que resistió la pila P5*



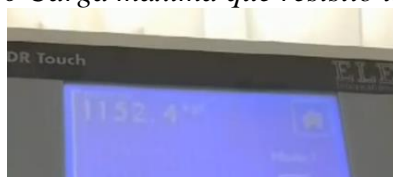
*Anexo 58 Carga máxima que resistió la pila P6*



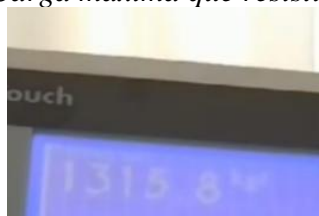
*Anexo 59 Estados de falla de las pilas P1, P2, P3, P4, P5 y P6, donde se usa la siguiente nomenclatura para describir sus fallas t: tracción, a: aplastamiento, ta: tracción y aplastamiento (t, t, ta, a, t, t)*



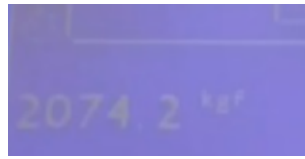
*Anexo 60 Carga máxima que resistió la pila Y1*



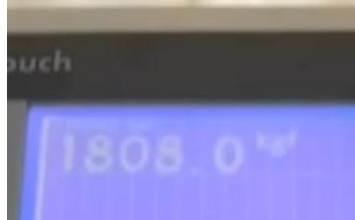
*Anexo 61 Carga máxima que resistió la pila Y2*



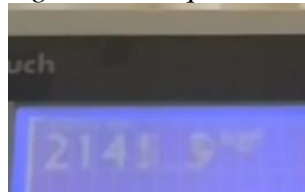
*Anexo 62 Carga máxima que resistió la pila Y3*



*Anexo 63 Carga máxima que resistió la pila Y4*



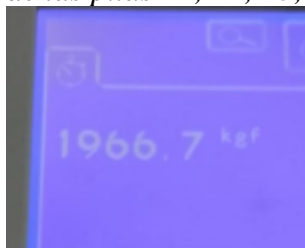
*Anexo 64 Carga máxima que resistió la pila Y5*



*Anexo 65 Carga máxima que resistió la pila Y6*



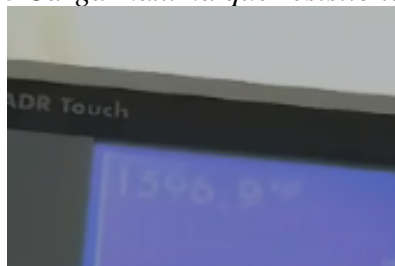
*Anexo 66 Estados de falla de las pilas Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 y Y6 (t, a,t, ta, ta, t)*



*Anexo 67 Carga máxima que resistió la pila C1*



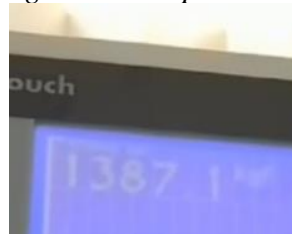
*Anexo 68 Carga máxima que resistió la pila C2*



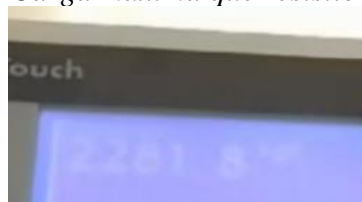
*Anexo 69 Carga máxima que resistió la pila C3*



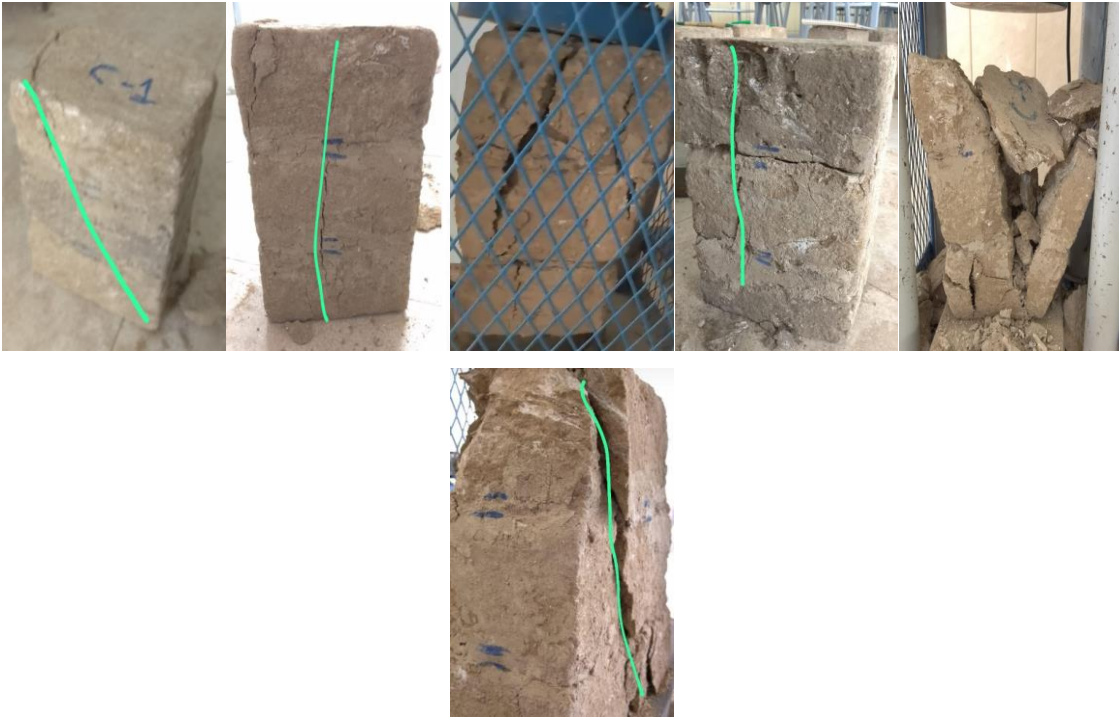
*Anexo 70 Carga máxima que resistió la pila C4*



*Anexo 71 Carga máxima que resistió la pila C5*



*Anexo 72 Carga máxima que resistió la pila C6*



*Anexo 73 Estados de falla de las pilas C1, C2, C3, C4, C5 y C6, (t, t, ta, t, t, a, t)*

## **TRACCIÓN EN MURETES**



*Anexo 74 Proceso de cargado de muretes*



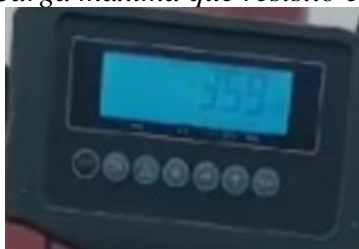
*Anexo 75 Aplicación de carga manual hecha por el tesista*



*Anexo 76 Carga máxima que resistió el murete P1*



*Anexo 77 Carga máxima que resistió el murete P3*



*Anexo 78 Carga máxima que resistió el murete P4*



*Anexo 79 Carga máxima que resistió el murete P5*



*Anexo 80 Carga máxima que resistió el murete P6*



*Anexo 81 Estados de falla de los muretes P1, P2, P3, P4, P5 y P6, donde se usa la siguiente nomenclatura para describir sus fallas e: escalonada, a: aplastamiento, d: diagonal y rotura (a, r, e, a, a, a*



*Anexo 82 Carga máxima que resistió el murete Y1*



*Anexo 83 Carga máxima que resistió el murete Y2*



*Ilustración 169 Carga máxima que resistió el murete Y3*



*Anexo 84 Carga máxima que resistió el murete Y4*



*Anexo 85 Carga máxima que resistió el murete Y5*



*Anexo 86 Carga máxima que resistió el murete Y6*



*Anexo 87 Estados de falla de los muretes Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 y Y6, (a, a, m, a, m, a)*



*Anexo 88 Carga máxima que resistió el murete C1*



*Anexo 89 Carga máxima que resistió el murete C2*



*Anexo 90 Carga máxima que resistió el murete C3*



*Anexo 91 Carga máxima que resistió el murete C4*



*Anexo 92 Carga máxima que resistió el murete C5*



*Anexo 93 Carga máxima que resistió el murete C6*



*Anexo 94 Estados de falla de los muretes Y1, Y2, Y3, Y4, Y5 y Y6, (a, m, m, m, a, m)*

## INUNDACIÓN EN MUROS



*Anexo 95 Batido del tarrajeo PACASMAYO*



*Anexo 96 Colocación de la primera hilada de ladrillos, comprobando su verticalidad con el nivel de mano*



*Anexo 97 Preparación de la mezcla del impermeabilizante Chema Seal (Según especificaciones del producto)*



*Anexo 98 Aplicación del impermeabilizante parado a través de brocha en las caras internas de las pozas*



*Anexo 99 Pintura de esmalte sintético premium Vencenamel*



*Anexo 100 Elaboración de la cartilla de mira con esmalte Vencenamel*



*Anexo 101 Materiales a aplicar para la elaboración del muro (mezcla de barro, cal, fibra y ceniza), baldes de agua, bloques de tierra, entre otros*



*Anexo 102 Remojo de las unidades de adobe durante 15 a 30 segundos para evitar que la unidad absorba humedad del mortero*



*Anexo 103 Colocación del mortero lateral en una de las caras del adobe después de remojarlo*



*Anexo 104 Colocación del bloque con el mortero en su respectiva hilada*



*Anexo 105 Primera hilada del muro patrón*



*Anexo 106 Primera hilada del muro yuca*



*Anexo 107 Primera hilada del muro ceniza*



*Anexo 108 Capacidad de tina: 40L*



*Anexo 109 Capacidad de tina: 25L*



*Anexo 110 Preparación de tinajas para el ensayo de inundación*



*Anexo 111 Alta presencia de espuma (pasado 10 minutos)*



*Anexo 112 Desmoronamiento repentino del muro patrón (a los 29 minutos)*



*Anexo 113 Estado de las unidades del muro patrón después del volteo*



*Anexo 114 Estado lodoso de la unidad de adobe del muro desmoronado*



*Anexo 115 Elementos a utilizar para el ensayo a inundación del muro yuca*



*Anexo 116 Proceso de vertido de agua (con balde de 6.5L) dentro de la poza de albañilería*



*Anexo 117 Medición de la altura de capilaridad dado en el muro yuca (Uso de las líneas hecho con tira líneas y tizas de diferentes colores cada 5 centímetros)*



*Anexo 118 Medición de la altura de descenso con la cartilla de 30 cm de alto.*



*Anexo 119 Continuación del proceso de medición de capilaridad (cada 5 minutos y 10 minutos)*



*Anexo 120 Pasado 1 hora 22 minutos el muro yuca seguía estable*



*Anexo 121 Desmoronamiento repentino del muro yuca*



*Anexo 122 Comprobación de las unidades de yuca (internamente)*



*Anexo 123 Comienzo de la inundación del muro ceniza*



*Anexo 124 Aparición de espuma repentinamente*



*Anexo 125 Volcamiento del muro pasado 10 minutos*



*Anexo 126 Estado de las unidades ceniza (partidos por la mitad para observar su núcleo)*