

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA



Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con
fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash,

2022

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

AUTORA

Flor Elena Cordova Carrion

ASESOR

Maiquel López Silva

Lima, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos del autor**

Nombres	FLOR ELENA
Apellidos	CORDOVA CARRION
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	70823616
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	Maiquel
Apellidos	López Silva
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	49087489
Número de Orcid (obligatorio)	https://orcid.org/0000-0002-0946-6160

Datos del Jurado**Datos del presidente del jurado**

Nombres	Félix Germán
Apellidos	Delgado Ramírez
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	22264222

Datos del segundo miembro

Nombres	Víctor
Apellidos	Garcés Díaz
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32860015

Datos del tercer miembro

Nombres	Alcibíades
Apellidos	Bances Meza
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	44127737

Datos de la obra

Materia*	Estudio Técnico, Costo de elaboración, Bloque de suelo, Agave, Compresión Axial y Compresión Diagonal
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 069-2024-UCSS-FI/TPICIV

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
SEDE LIMA**

Los Olivos, 21 de agosto del 2024

Siendo las 15:01 horas del 21 de agosto del 2024, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

**Estudio Técnico Económico de Bloques de Suelo Adicionados con Fibra de Agave
en la Provincia de Yungay, Departamento de Ancash, 2022**

Por la Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

CORDOVA CARRION, FLOR ELENA

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Dr. DELGADO RAMÍREZ, Félix German	Presidente
Mgtr. GARCÉS DÍAZ, Víctor	Secretario
Ing. BANCES MEZA, Alcibíades	Miembro

Siendo las 16:35 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

APROBADO

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller CORDOVA CARRION, FLOR ELENA el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,

.....
Ing. BANCES MEZA, Alcibíades
Miembro

.....
Mgtr. GARCÉS DÍAZ, Víctor
Secretario

.....
Dr. DELGADO RAMÍREZ, Félix German
Presidente

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Lima, 19 de julio de 2024

Señor(a),
Víctor Garcés Díaz
Jefe del Departamento de Investigación/Coordinador Académico de Unidad de Posgrado
Facultad Ingeniería UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis, bajo mi asesoría, con título: Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022, presentado por FLOR ELENA CORDOVA CARRION (Código 2015101783 y DNI 70823616) para optar el título profesional de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 11 %** (once por ciento). Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



LÓPEZ SILVA, MAIQUEL
DNI: 49087489
ORCID: 0000-0002-0946-6160
Facultad de Ingeniería UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, mi roca eterna y fortaleza. En segundo lugar a mis padres José y Carolina por ser los faros en mi vida y mi principal fuente de apoyo y en tercer lugar a mis hermanos Ronal y Rut, por la motivación y las sonrisas en momentos de angustia.

AGRADECIMIENTO

A Dios, el rey del universo ¡Porque Él es bueno y su gran amor perdura para siempre!

A mis queridos padres, mi fuente de inspiración. Mi gratitud hacia ustedes es imposible de expresar completamente.

A mis hermanos, los mejores que la vida me pudo dar. Por su aliento y motivación.

A mi asesor el Dr. Maiquel López Silva por su valiosa orientación en el desarrollo de este proyecto de investigación y de manera especial al Magister Manuel Laurencio Luna por sus recomendaciones.

Agradezco mucho a mi casa de estudios Universidad Católica Sedes Sapientiae y a sus docentes, por los conocimientos transmitidos.

A mis compañeros, muchos de ellos se volvieron mis amigos inseparables a lo largo de toda la carrera, gracias por las horas conmpartidas, los trabajos realizados y anécdotas vividas .

RESUMEN

El objetivo principal de este proyecto de investigación fue realizar el estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibras de agave en la provincia de Yungay. Este estudio se desarrolló mediante el método científico, para lo cual se hizo necesario el tipo de investigación aplicada con un enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y diseño experimental. La población objeto de estudio estuvo conformada por 90 especímenes, divididas en 3 muestras.

Los resultados derivados de los ensayos de laboratorio, muestran que la adición de la fibra de agave torcido al interior de la unidad y asimismo colocada como alternativa de refuerzo horizontal en cada junta del mortero del muro logró mejorar la resistencia a la compresión diagonal en un 51 % con respecto a los muros de suelo patrón. Los resultados obtenidos del laboratorio se validaron mediante la estadística inferencial. Asimismo, se comparó el costo de fabricación del bloque de suelo patrón con respecto al bloque de suelo adicionado con fibra de agave torcido, siendo el costo del bloque patrón de S/ 0,993 y del bloque adicionado de S/ 1,554. Finalmente, se concluye que la incorporación de la fibra de agave torcido contribuye a la mejora de las construcciones con tierra.

Palabras Clave: Estudio Técnico, Costo de elaboración, Bloque de suelo, Agave, Compresión Axial y Compresión Diagonal.

ABSTRACT

The main objective of this research project was to carry out a technical and economic study of soil blocks added with agave fibers in the province of Yungay. This study was developed through the scientific method, for which it was necessary the type of applied research with a quantitative approach, descriptive scope and experimental design. The study population consisted of 90 specimens, divided into three multisamples.

The results derived from the laboratory tests show that the addition of twisted agave fiber to the interior of the unit and also placed as an alternative horizontal reinforcement in each mortar joint of the wall improved the diagonal compressive strength by 51% with respect to the standard soil walls. The results obtained from the laboratory were validated by means of inferential statistics. Likewise, the manufacturing cost of the standard soil block was compared with that of the soil block added with twisted agave fiber, the cost of the standard block being S/ 0.993 and that of the added block S/ 1.554. Finally, it is concluded that the incorporation of twisted agave fiber contributes to the improvement of earthen constructions.

Keywords: Technical Study, Cost of production, Soil block, Agave, Axial Compression and Diagonal Compression.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xx
ABREVIATURAS.....	xxi
INTRODUCCIÓN	1
“CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA”	3
1.1. “Formulación del problema”.....	3
1.1.1. Problema Principal	8
1.1.2. Problemas Secundarios.....	8
1.2. Objetivos de Investigación.....	8
1.2.1. Objetivo general	8
1.2.2. Objetivo específicas	8
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	9
1.3.1. Justificación Práctica	9
1.3.2. Justificación Social	9
1.3.3. Justificación Ambiental	10
1.3.4. Importancia de la Investigación.....	10

1.4. Delimitación de la Investigación	11
1.4.1. Delimitación Espacial	11
1.4.2. Delimitación Temporal	11
1.4.3. Delimitación de contenido	12
1.5. Limitaciones de la Investigación.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1. Antecedentes Nacionales e Internacionales	13
2.1.1. A nivel Internacional	13
2.1.2. A nivel Nacional.....	16
2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación	19
2.2.1. El suelo como material de construcción.....	19
2.2.2. Tipos de bloque de suelo empleados en la industria de la construcción.....	20
2.2.3. Pruebas in situ de la tierra del adobe.....	20
2.2.4. Sistema de clasificación de suelos SUCS	22
2.2.5. Descripción de los ensayos principales del suelo.....	22
2.2.6. Proceso constructivo del bloque de suelo	26
2.2.7. Propiedades físicas del bloque de suelo	30
2.2.8. Propiedades mecánicas del bloque de suelo.....	33
2.2.9. Propiedades mecánicas de la pila del bloque de suelo	34
2.2.10. Técnica de ensayo de la pila de bloque de suelo.....	35
2.2.11. Forma de falla de la pila de bloque de suelo	37
2.2.12. Proceso constructivo de la pila de bloque de suelo	37
2.2.13. Propiedades mecánicas del murete de bloques de suelo	38
2.2.14. Técnica de ensayo del murete de bloques de suelo	39
2.2.15. Forma de falla del murete de bloque de suelo.....	40
2.2.16. Proceso constructivo del murete de bloque de suelo.....	41

2.2.17. Fallas en las viviendas tradicionales construidas de adobe.....	41
2.2.18. Norma E.080 Adobes	46
2.2.19. Definición, procedencia, usos y características de la fibra de agave	47
2.2.20. Distribución del agave en el Perú.....	48
2.2.21. Características físicas, químicas y mecánicas de la fibra de agave.....	48
2.2.22. Ventajas y Desventajas del uso de fibras vegetales.	50
2.2.23. Extracción de la fibra de agave	52
2.2.24. Tratamiento químico de la fibra de agave.....	52
2.2. Definición de términos básicos.	54
2.2.1. Suelo	54
2.2.2. Bloques de suelo.....	54
2.2.3. Adobe Estabilizado.....	54
2.2.4. Fibras Estabilizantes	54
2.2.5. Agave.....	54
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.1. Hipótesis Principal	55
3.2. Hipótesis Secundarias	55
3.3. Variables e Indicadores.....	57
3.3.1. Variables Principales.....	57
3.3.2. Dimensiones.....	57
3.3.3. Indicadores.	58
3.4. Operacionalización de las variables.....	58
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	62
4.1. Diseño de la investigación	62
4.1.1. Tipo de investigación	63

4.1.2. Método de investigación	63
4.1.3. Alcance.....	64
4.1.4. Diseño.....	64
4.2. Métodos y Técnicas del Proyecto	65
4.2.1. Métodos del Proyecto.....	65
4.2.1. Técnicas del Proyecto.....	66
4.3. Diseño estadístico.	71
4.3.1 Población.....	71
4.3.2. Muestra.....	71
4.2.3 Muestreo.....	74
4.4. Técnicas y Herramientas Estadísticas	75
4.4.1 Técnicas estadísticas.	75
4.4.2. Herramientas Estadísticas.	77
CAPÍTULO V: DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	78
5.1. Trabajo de campo y Ensayos.	78
5.1.1. Trabajo de campo	78
5.1.2. Descripción del trabajo de laboratorio	122
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO	154
6.1. Evaluación Económica - Financiera	154
CAPÍTULO VII: RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	160
7.1. Resultados	160
7.1.1. Resultados de las propiedades físicas de la muestra de suelo	160
7.1.2. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo	167
7.1.3. Aplicación estadística.....	241

7.2. Conclusiones	265
APÉNDICES Y ANEXOS.....	270
Fuentes de Información.....	270
Anexos.....	281

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la Provincia de Yungay	11
Figura 2 Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca.....	21
Figura 3 Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca.....	22
Figura 4 Molde o gavera para adobe cuadrado y medios	27
Figura 5 Preparación del barro para los adobes	28
Figura 6 Relleno del molde de gavera	29
Figura 7 Secado y apilado de los adobes	30
Figura 8 Esbeltez de una pila.....	36
Figura 9 Maquina para ensayo de compresión de pilas	36
Figura 10 Resistencia a la compresión diagonal (v'm).....	38
Figura 11 Ensayo de compresión diagonal en muretes.....	40
Figura 12 Falla por flexión	42
Figura 13 Falla por cortante.....	43
Figura 14 Falla por carga sísmica coplanar	44
Figura 15 Falla en la Base de la Zona Triangular de los Tímpanos	45
Figura 16 Falla por Volteo.....	46
Figura 17 Diagrama de flujo de trabajo de campo y laboratorio	62
Figura 18 Extracción y colocación de la muestra de suelo en un costal de rafia.....	78
Figura 19 Identificación de la muestra de suelo	79
Figura 20 Corte, despuntado y colocación del penco de agave en un plastico.....	80
Figura 21 Medición del ancho y largo del penco de agave.....	80
Figura 22 Formación de cilindros de barro de 12 mm de espesor y 5 cm de largo.	81
Figura 23 Cintas de barro de 4 mm de espesor.....	82
Figura 24 Moldeo de las esferas con las palmas de las manos	83

Figura 25	Secado y presión de las esferas	84
Figura 26	Deshilachado de cada penca en 10 partes.....	85
Figura 27	Método de la pita rafia para la extracción de la fibra	85
Figura 28	Extracción de la fibra de agave	86
Figura 29	Extracción de la fibra de agave	87
Figura 30	Colocación de cada fibra sacada en un cordel.....	87
Figura 31	Lavado y secado de la fibra de agave.....	88
Figura 32	Torcedura de la fibra de agave	89
Figura 33	Colocación del Bicarbonato de sodio al agua.....	90
Figura 34	Colocación de las fibras torcidos dentro de la mezcla	90
Figura 35	Retiro, lavado y secado de las fibras torcidos después del tratamiento.....	91
Figura 36	Preparación de un espacio plano y seco	94
Figura 37	Habilitación de carpas y colocación de arena fina al terreno	95
Figura 38	Zarandeado de la tierra	95
Figura 39	Colocación de agua a la ruma de tierra	96
Figura 40	Cortado de la paja de trigo y cebada en tiras de 5 cm	97
Figura 41	Colocación de tiras de paja y pisado	97
Figura 42	Humedecimiento de la gavera	98
Figura 43	Porción de barro lanzada a la adobera.....	99
Figura 44	Compactado del barro con las manos.....	99
Figura 45	Emparejado del adobe	100
Figura 46	Retiro de la adobera.....	100
Figura 47	Roció de arena fina y secado de los adobes	101
Figura 48	Adobes colocados de canto	102
Figura 49	Colocación de fibras de agave torcido al molde.....	105

Figura 50 Colocación de la fibra transversal	106
Figura 51 Gavera humedecida y roseado de arena fina a sus costados	106
Figura 52 Colocación del barro dentro de la adobera	107
Figura 53 Emparejado del barro	108
Figura 54 Corte de los amarres de ambas esquinas de la adobera	108
Figura 55 Levantamiento de la adobera.....	109
Figura 56 Colocación de arena fina a los adobes recién hechos y proceso de secado.....	109
Figura 57 Colocación de canto a los adobes	110
Figura 58 Preparación del mortero	112
Figura 59 Remojo del bloque de suelo por 20 segundos	113
Figura 60 Rayado de la cara superior e inferior de la unidad	114
Figura 61 Asentado de pilas.....	114
Figura 62 Asentado y colocación del refuerzo doble en cada junta.	115
Figura 63 Proceso de secado de las pilas	116
Figura 64 Preparación del mortero	118
Figura 65 Remojo de los bloques de suelo por 20 segundos	119
Figura 66 Asentado de los muretes.....	120
Figura 67 Colocación del refuerzo doble en cada junta horizontal	121
Figura 68 Proceso de secado de los muretes.....	121
Figura 69 Cuarteo manual, peso de la tara y peso de la tara más muestra.....	122
Figura 70 Lavado de la muestra de suelo y colocada al horno	123
Figura 71 Tamizado manual de la muestra	124
Figura 72 Colocación de la muestra húmeda al horno.....	125
Figura 73 Mezcla para el ensayo de limite liquido	126
Figura 74 Colocación de una porción de la mezcla en la Copa de Casagrande.....	127

Figura 75	División de la mezcla en dos partes mediante el acanalador.....	128
Figura 76	Girado de la manivela del equipo a razón de dos golpes por segundo.....	129
Figura 77	Elaboración de los cilindros de 3.2 mm	130
Figura 78	Colocación de los cilindros formados en taras	130
Figura 79	Colocación de la fibra con y sin tratamiento al horno.....	131
Figura 80	Sumersión de la Fibra con y sin tratamiento en agua destilada.....	132
Figura 81	Secado superficial de la fibra con y sin tratamiento.....	132
Figura 82	Medición de dimensiones de los bloques de suelo tradicionales y adicionados. .	133
Figura 83	Medida de la concavidad de la unidad	134
Figura 84	Medida de la convexidad de la unidad	135
Figura 85	Medición del largo, ancho y alto de cada unidad	136
Figura 86	Colocación al horno y enfriamiento de los especímenes.....	137
Figura 87	Pesado de las unidades y colocación de soportes al recipiente	138
Figura 88	Espécimen en contacto con el agua.....	139
Figura 89	Secado superficial y pesado de la unidad.	139
Figura 90	Especímenes colocados al horno	140
Figura 91	Sumersión de los especímenes dentro de agua.....	141
Figura 92	Refrentado de los cubos.....	142
Figura 93	Colocación del espécimen en la máquina de compresión	143
Figura 94	Carga máxima aplicada y tipo de falla del espécimen	144
Figura 95	Marcado y colocación de las barras de acero a la unidad.....	145
Figura 96	Carga máxima aplicada a la unidad.....	146
Figura 97	Refrentado de los prismas	147
Figura 98	Colocación del prisma en la máquina de compresión	148
Figura 99	Instrumentación con diales	149

Figura 100 Refrentado de muretes	150
Figura 101 Preparación, transporte y colocación del murete a la maquina universal.....	151
Figura 102 Aplicación de la carga máxima hasta la rotura del murete.....	152
Figura 103 Instrumentación de una cara del murete con dos diales	153
Figura 104 Comparación del costo unitario de fabricación de los bloques de suelo con y sin adicionamiento	156
Figura 105 Comparación del rendimiento de unidades diarias de los bloques de suelo con y sin adicionamiento	157
Figura 106 Curva granulométrica	161
Figura 107 Diagrama de fluidez	165
Figura 108 Porcentaje de absorción en muestras de fibras de agave sin tratamiento	170
Figura 109 Porcentaje de absorción en muestras de fibras de agave con tratamiento	171
Figura 110 Comparación del porcentaje de absorción de la fibra de agave torcido sin tratamiento y con tratamiento de NaHCO_3	172
Figura 111 Variación dimensional del largo, ancho y altura de los especímenes patrón y los adicionados.	177
Figura 112 Comparación del ensayo de alabeo de los especímenes patrón y los especímenes adicionados con fibra de agave torcido.....	180
Figura 113 Succión de bloques de suelo patrón.....	183
Figura 114 Succión de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido	184
Figura 115 Comparación de la succión entre el bloque patrón y el bloque adicionado con fibra de agave torcido.....	185
Figura 116 Resistencia a la comprensión de los especímenes	188
Figura 117 Fallas en cubos de arista de 10 cm	190
Figura 118 Fallas de los seis cubos.....	190

Figura 119 Resistencia a flexión de los especímenes patrón	193
Figura 120 Resistencia a flexión de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido	194
Figura 121 Comparación de la resistencia característica a flexión de los bloques patrón y los bloques adicionados con fibra de agave torcido	195
Figura 122 Fallas en especímenes según su tipo	197
Figura 123 Resistencia a la compresión axial corregida de pilas patrón	201
Figura 124 Resistencia a la compresión axial corregida de pilas adicionadas con fibra de agave torcido.....	203
Figura 125 Comparación de la resistencia a la compresión axial entre pilas patrón y pilas adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.	205
Figura 126 Falla ideal con aplastamiento en la parte superior en PP-01	207
Figura 127 Falla ideal en PP-02 y PP-03	208
Figura 128 Falla por aplastamiento local en PP-04	208
Figura 129 Falla ideal con aplastamiento en la parte superior en PP-05	209
Figura 130 Falla ideal con aplastamiento en la parte superior en PP-06	209
Figura 131 Falla por aplastamiento local en PA-01 y PA-06	210
Figura 132 Falla por aplastamiento superior en PA-02 y PA-04.....	211
Figura 133 Falla ideal en PA-03 y PA-05.....	211
Figura 134 Carga vertical vs deformación axial en prismas patrón.....	213
Figura 135 Carga vertical vs deformación axial en prismas adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal	214
Figura 136 Módulo de elasticidad “Em” en prismas patrón	216
Figura 137 Módulo de elasticidad “Em” en prismas adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	217

Figura 138 Comparación del módulo de elasticidad entre los prismas patrón y los prismas adicionados con fibra de agave torcido.....	218
Figura 139 Resistencia a compresión diagonal en muretes patrón	222
Figura 140 Resistencia a compresión diagonal de muretes patrón y muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	224
Figura 141 Comparación de la resistencia característica a compresión diagonal entre muretes patrón y muretes adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	226
Figura 142 Falla escalonada a través de las juntas en espécimen MSR-01, MSR-02, MSR-03, MSR-04, MSR-05 y MSR-06	229
Figura 143 Falla mixta en espécimen MR-01 y MR-06	230
Figura 144 Falla escalonada a través de las juntas en los especímenes MR-02, MR-03, MR- 04 y MR-05	231
Figura 145 Carga y desplazamiento vertical en muretes patrón	233
Figura 146 Carga y desplazamiento horizontal en especímenes patrón	234
Figura 147 Carga y desplazamiento vertical en muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.....	234
Figura 148 Carga y desplazamiento horizontal en muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.....	235
Figura 149 Módulo de corte "Gm" en especímenes patrón.....	237
Figura 150 Módulo de corte "Gm" en especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	238
Figura 151 Comparación del módulo de corte "Gm" entre especímenes según su tipo.	239

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características químicas de la fibra de agave	49
Tabla 2 Características mecánicas de la fibra de cabuya	50
Tabla 3 Matriz de operacionalización de la variable independiente	59
Tabla 4 Matriz de operacionalización de la variable dependiente	60
Tabla 5 Tamaño de la muestra de bloques de suelos con y sin adición de fibra de agave torcido.....	72
Tabla 6 Tamaño de la muestra de pilas de bloques de suelos con y sin adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.....	72
Tabla 7 Tamaño de la muestra de muretes de bloques de suelos con y sin adición de fibra de agave torcido y doble refuerzo horizontal en cada junta	73
Tabla 8 Tamaño de las muestras investigadas	73
Tabla 9 Herramientas y materiales utilizados en la fabricación de bloques de suelo tradicionales	92
Tabla 10 Dosificación de la cantidad de materiales a usar.	93
Tabla 11 Herramientas y materiales utilizados en la fabricación de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido.....	103
Tabla 12 Dosificación de la cantidad de materiales a usar	104
Tabla 13 Asentado de las pilas de bloques de adobe con y sin refuerzo de fibra de agave torcido.....	111
Tabla 14 Dosificación de la cantidad de materiales a usar	112
Tabla 15 Asentado de los muretes de bloques de suelo con y sin refuerzo de fibra de agave torcido.....	117
Tabla 16 Dosificación de la cantidad de materiales a usar	118

Tabla 17	Análisis de costos unitarios de los bloques de suelo patrón	154
Tabla 18	Análisis de costos unitarios de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido.....	155
Tabla 19	Resultados del análisis granulométrico por tamizado del suelo seleccionado.....	160
Tabla 20	Propiedades físicas de la tierra de estudio	161
Tabla 21	Resultados del contenido de humedad.....	163
Tabla 22	Registro de pesos del ensayo de limite liquido.....	164
Tabla 23	Registro de los pesos del ensayo de limite plástico	166
Tabla 24	Resultados del índice de plasticidad	167
Tabla 25	Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo y la fibra de agave torcido	168
Tabla 26	Capacidad de absorción de la fibra de agave con y sin tratamiento	169
Tabla 27	Análisis de datos del ensayo de variabilidad dimensional de los especímenes patrón.....	174
Tabla 28	Análisis de datos del ensayo de variabilidad dimensional de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido.....	175
Tabla 29	Resumen de los resultados del ensayo de variación dimensional de los bloques con y sin adicionamiento	176
Tabla 30	Análisis de datos del ensayo de alabeo de los especímenes patrón y los adicionados con fibra de agave torcido.....	179
Tabla 31	Análisis de datos del ensayo de succión de los especímenes patrón y los especímenes adicionados con fibra de agave torcido	182
Tabla 32	Análisis de datos de la resistencia a compresión de cada uno de los especímenes	187
Tabla 33	Análisis de datos del ensayo de flexión de los especímenes	192

Tabla 34 Resistencia máxima a comprensión axial en pilas patrón y en pilas adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	198
Tabla 35 Factores de corrección altura/espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería.....	199
Tabla 36 Resistencia a comprensión característica promedio de las pilas patrón y pilas adicionadas con fibra de agave torcido	200
Tabla 37 Desplazamientos y cargas al 20 % y 50 % en prismas según su tipo	212
Tabla 38 Modulo de elasticidad en prismas según su tipo.....	215
Tabla 39 Resistencia a la comprensión diagonal en muretes patrón y muretes adicionados con fibra de agave y con doble refuerzo horizontal en cada junta.....	221
Tabla 40 Desplazamientos y cargas al 20 % y 50 % en muretes según su tipo.....	232
Tabla 41 Módulo de corte “G _m ” en muretes según su tipo	236
Tabla 42 Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de absorción de la fibra de agave con y sin tratamiento	248
Tabla 43 Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de variabilidad dimensional, alabeo y succión de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido.....	251
Tabla 44 Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de resistencia a la comprensión de cubos de suelo.....	256
Tabla 45 Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de resistencia a la flexión, resistencia a la comprensión axial, módulo de elasticidad, resistencia a la comprensión diagonal y módulo de corte de los bloques, prismas y muretes de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	259
Tabla 46 Resultados de la contrastación de las hipótesis específicas.....	264

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Contenido de humedad.....	23
Ecuación 2 Limite Líquido	24
Ecuación 3 Limite Plástico del Suelo	24
Ecuación 4 Índice de Plasticidad	25
Ecuación 5 Variabilidad Dimensional	31
Ecuación 6 Absorción.....	32
Ecuación 7 Succión.....	32
Ecuación 8 Resistencia a la comprensión	33
Ecuación 9 Resistencia a comprensión axial (f'_m).....	34
Ecuación 10 Resistencia a la comprensión diagonal	39

ABREVIATURAS

- W_{s_s} : Peso saturado superficialmente seco
- W_s : Peso seco
- L, A, H: Longitud, ancho y altura del espécimen (cm)
- W: Diferencia de pesos del espécimen (g)
- X: Diferencia de pesos corregida, sobre una basa de 200 cm²
- V (%): Variabilidad dimensional
- S: Succión
- A (%): Absorción
- $P_{máx}$: Carga máxima aplicada
- f'_b : Resistencia a la compresión
- $\overline{f'_b}$: Resistencia característica a compresión
- M_r : Resistencia a Flexión
- $\overline{M_r}$: Resistencia característica a Flexión
- f'_m : Resistencia a compresión axial
- $\overline{f'_m}$: Resistencia característica a compresión axial
- E_m : Modulo de elasticidad
- V'_m : Resistencia a corte puro
- $\overline{V'_m}$: Resistencia característica a corte puro
- G_m : Modulo de corte
- α : Desviación estándar
- C.V (%): Coeficiente de variación
- $\Delta\tau$: Esfuerzo cortante
- γ : Deformación angular

INTRODUCCIÓN

“El suelo como material que proviene de la desintegración y/o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan” (Crespo, 2004, p. 18). Es uno de los materiales de construcción más antiguos registrados en la historia, utilizado a lo largo de miles de años en diversas tradiciones constructivas, dando lugar a una variedad de técnicas de construcción. El subsuelo lleva siendo utilizado para la construcción en gran parte del mundo al menos desde el Paleolítico Superior y, aun hoy, se estima que cerca de la mitad de la población vive en construcciones hechas de tierra, ya que resulta la mejor alternativa económica como respuesta a la falta de vivienda (Doat et al., 1979; Achenza y Sanna, 2008. p. 31). El barro como material de construcción ha perdido credibilidad debido al desconocimiento de sus amplias posibilidades, al prejuicio de ser considerado el “material de los pobres” y a que gran parte de las viviendas construidas con tierra colapsaron por el efecto de los sismos. (Minke, 2001)

En el contexto peruano, la gran parte de las edificaciones construidas con adobe están vinculadas a hogares de recursos limitados que carecen de orientación técnica y experiencia para llevar a cabo construcciones resistentes a los sismos. La técnica tradicional de construcción con adobe en nuestra nación no contempla la integración de medidas de refuerzo sísmico. Esto se debe, en gran medida, a la falta de conocimiento sobre los métodos disponibles para fortalecer estas estructuras, por parte de quienes las construyen. Factores como el panorama sismo tectónico de nuestro país sumado a la deficiente construcción con adobe conlleva a que miles de familias se encuentren en un inaceptable riesgo sísmico (Rubiños, 2009)

La Norma Técnica Peruana (NTP E.80) señala que es posible la construcción de viviendas de albañilería de adobe de interés social y bajo costo que resistan las acciones

sísmicas, evitando la posibilidad de colapso frágil de las mismas. Asimismo, investigaciones realizadas en la Pontífice Universidad Católica del Perú y otras instituciones, demostraron también que la construcción sismorresistente con adobe sí es posible. Asimismo, Minke (2001), en su Manual de Construcción para Viviendas Antisísmicas de Adobe, demuestra que es posible diseñar y construir estructuras simples empleando muros de tierra para obtener una resistencia máxima contra los efectos de un sismo.

Por lo mencionado anteriormente, la presente investigación propone realizar un estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave con el propósito de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo con tecnologías constructivas de relación costo-beneficio eficiente.

Este proyecto se compone de 7 capítulos, en el primer capítulo se describe el planteamiento del problema, donde se formula el problema, se definen las preguntas y objetivos y se especifica la justificación, importancia, delimitación y limitación de la investigación. El segundo capítulo abarca el marco teórico, donde se expone los antecedentes de la investigación, las bases teóricas y la definición de términos básicos. El tercer capítulo contempla la formulación de las hipótesis, las variables e indicadores y la operacionalización de variables. El cuarto capítulo abarca el diseño de ingeniería, métodos y técnicas del proyecto, el análisis estadístico y las técnicas y herramientas estadísticas. En el quinto capítulo se realiza el diseño experimental, en donde se desarrolla el trabajo de campo y los ensayos de laboratorio. En el sexto capítulo se analiza la evaluación económica – financiera. Finalmente, en el séptimo capítulo se presentan los resultados, conclusiones y recomendaciones, seguido de los apéndices y anexos

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

“Cada mañana alguien comienza el día revolviendo barro para construir un refugio”. (Pereira, 1995). La construcción se presenta al mundo como una de las actividades más antiguas del ser humano, apareciendo ésta casi paralelamente con la técnica, la cual a su vez nace desde el momento en que al hombre se le reconoce como tal. (Ortega y Gasset, 1989). La tierra es la materia de mayor abundancia y disponible en cualquier lugar del planeta. “Casi un tercio de la población mundial vive en construcciones de tierra, la mayor parte de las cuales son hechas y mantenidas por sus autoconstructores-usuarios”. (Rotondario, 2007). En América, Asia, África y Europa, Se han descubierto majestuosas construcciones y comunidades completas, donde el material predominante de construcción era la tierra. Las construcciones más antiguas datan de aproximadamente 10 000 años a.C. en Mesopotamia y, con menos tiempo, en Suramérica, cuyas construcciones datan de 5 000 años a.C. (Bedoya, 2011). La tierra, en el ámbito popular, puede ser relacionada con la pobreza, con su poca durabilidad, con su falta de resistencia ante impactos naturales o a ser el origen de enfermedades. En la mayoría de casos, si estos hechos se producen, será debido a una mala construcción o aplicación de este material, o a su mal mantenimiento, y no a sus propiedades (Catalán, 2018). El arquitecto Hassan Fathy (1976), en su libro *Arquitectura de Pobres*, menciona que al menos un 30% de la población en el mundo vive por debajo de la economía monetaria. La mayoría de los años de la carrera productiva de un hombre se consumen en adquirir una vivienda. El uso del ladrillo de barro ha pasado a ser una necesidad económica, siendo la construcción con concreto un lujo que no se pueden dar. Donde lo más importante para ellos es la protección de la lluvia y el frío y hacerlo a un costo que puedan pagar.

A nivel nacional hay 2,148,494.00 viviendas construidas con tipo de material predominante en las paredes exteriores de adobe y tapia, siendo el 27,9%. A nivel rural hay 1,261,291.00 de viviendas construidas de adobe y tapia, siendo el 80.82%. En la provincia de Yungay hay 12,797 viviendas de adobe, siendo el 90.07%, en el distrito de Matacoto hay un total de 371 viviendas, de las cuales 345 viviendas están construidas con adobe, siendo el 92,99% (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017).

En el año 2022, la pobreza monetaria afectó al 27,5% de la población del país, que equivale a 9 millones 184 mil personas. Al comparar estos resultados con el nivel obtenido en el año 2021 que fue del 25.9 %, se observa que el nivel de pobreza se incrementó en 1,6 puntos porcentuales, es decir, representan 628 mil personas pobres más que en el año 2021.

Según área de residencia, la pobreza afectó al 41,1% de la población residente del área rural y al 24,1% del área urbana. Comparando con el año 2021, la pobreza se incrementó en el área urbana en 1,8 puntos porcentuales y en el área rural en 1,4 puntos porcentuales. (INEI, 2023, pp. 59-60)

Además del bajo precio, el adobe tiene muy buenas propiedades térmicas y acústicas. Sin embargo, su comportamiento sísmico es deficiente, los muros de adobe no son capaces de resistir adecuadamente las fuerzas laterales de sismo, por lo cual sufren grandes daños e incluso colapsan (Blondet y Rubiños, 2014, como se citó en Serrano, 2016). Para mejorar sus propiedades de resistencia, se utilizan procedimientos de compactación mecánica del suelo. Otros métodos incluyen la estabilización mediante la adición de refuerzo de fibra vegetal. Tales fibras se utilizan para formar materiales compuestos con propiedades mejoradas que incluyen bajo costo, baja densidad, baja contracción, propiedades mecánicas mejoradas, baja contaminación ambiental, etc. (Bos et al. 2006). El concepto de usar fibras naturales no es nuevo en la industria de la construcción, ya que la utilización de fibras en materiales y construcción se remonta a muchos siglos atrás. Durante la época egipcia, se añadía paja o crin

de caballo a los ladrillos de barro, mientras que las esteras de paja se usaban como refuerzos en las primeras construcciones de viviendas chinas y japonesas. (Li, 2002), en la práctica, los principales inconvenientes del uso de fibras naturales son su alto grado de absorción de humedad y su escasa estabilidad dimensional. El objetivo principal de los tratamientos superficiales en fibras naturales es maximizar la fuerza de unión, así como la transferencia de tensión en los materiales compuestos. (Kabir et al., 2012), sin embargo, se debe tener en cuenta el coste y el impacto medioambiental de los mismos.

La industria de la construcción se destaca como una de las más perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana. En su proceso, se enfrenta a dos desafíos significativos: el agotamiento excesivo e irracional de recursos naturales no renovables, y la producción de desechos de construcción y demolición, los cuales son mal gestionados y dispuestos de manera inapropiada, con escasa consideración hacia la gestión integral de estos residuos.

La construcción actualmente es ineludible, dado el aumento constante de la población, pero debe desarrollarse bajo parámetros de sostenibilidad ambiental, que hagan más armónica la actividad edilicia con el medio, haciendo uso al máximo de materiales reciclados, reutilizados y renovables, como también de diseños arquitectónicos que contemplen la utilización de energías alternativas. (Bedoya, 2011, pp. 32-35).

Como dijo el ingeniero Fernando (2004) en el marco del Primer Simposio Local de Construcción Sostenible y Tecnología realizado por ASOP en la ciudad de Bello, Antioquia. “(...) nuestra permanencia en el planeta es como una fiesta y esta fiesta se va acabar algún día, lo que podemos hacer es que la fiesta dure más y sea buena mientras dure”.

Por lo mencionado anteriormente y ante el último quinceno de las construcciones hechas a base de tierra principalmente en el distrito de Yungay, provincia de Yungay. Existe la necesidad de proponer una alternativa para optimizar cada propiedad física y mecánica de los bloques de suelo, desarrollada con tecnologías constructivas de relación costo-beneficio eficiente. Dado que estos habitantes no poseen viviendas dignas, debido al elevado costo del material y mano de obra para la construcción, donde la autoconstrucción con adobe ha demostrado ser la única salida para que las personas con bajos recursos económicos puedan adquirir una vivienda. Es aquí donde nace realmente el problema, construcciones sin asesoramiento técnico, mala selección de la materia prima y fibras naturales usadas al azar, provocando vivienda con paredes frágiles, que no aportan seguridad para sus vidas ante un movimiento sísmico. En tal sentido se entiende que se trata más bien de un problema socio-económico.

Esta investigación propone un análisis del comportamiento de los bloques de suelo patrón, con respecto a los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido en forma de cuerdas, colocadas de manera diagonal y perpendicular; y, asimismo implementando estas mismas cuerdas como alternativa de refuerzo horizontal en cada junta del mortero de muros. Con el fin de identificar el efecto que puede tener este material incorporado al interior de la unidad y al interior de la junta de mortero y comparar estos resultados frente al comportamiento de las unidades y muros sin refuerzo. Es importante mencionar que la fibra de agave torcido en forma de cuerdas pasará por un tratamiento químico ecológico mediante una solución de bicarbonato de sodio al 10 % del p/p antes de ser incorporado como material de refuerzo, con la finalidad de disminuir su humedad, impurezas y degradación dentro de la unidad. Para la fabricación de las unidades de albañilería se usará material ecológico, disponibles de la misma localidad y al alcance del poblador de Yungay.

La idea de incorporar fibras de manera diagonal y perpendicular dentro de la unidad de albañilería, nace de las autoras Guevara y Merino (2019), en su tesis titulada “Estudio Técnico – Económico de Bloques de Adobe Adicionado con Arundo Donax. Lima, 2019”. En donde colocaron 4 fibras diagonales al interior de cada unidad. Los resultados de las resistencias fueron menores que la unidad de referencia, debido a que estas fibras se pandearon. En su propuesta de mejora, hacen hincapié sobre la colocación de la quinta cuerda de manera transversal, amarrada en el cruce de las cuerdas diagonales, con la finalidad que trabajen todas en conjunto y evitar el pandeo. En mi investigación se decidió colocarle esta recomendación sobre la quinta cuerda de manera transversal, pero se trabajó con un menor diámetro de las cuerdas, asimismo se propuso colocarle estas mismas cuerdas como una alternativa de refuerzo horizontal doble en cada junta del mortero.

1.1.1. Problema Principal

1. ¿Cómo mejorar las propiedades de los bloques de suelo para la construcción de viviendas en la provincia de Yungay, departamento de Ancash?

1.1.2. Problemas Secundarios

1. ¿Cuáles son las propiedades del suelo y de la fibra de agave torcido?
2. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de bloques de suelo con y sin adición de fibras de agave torcido?
3. ¿Cuál es el costo económico de la elaboración de bloques de suelos adicionados con fibra de agave?

1.2. Objetivos de Investigación

1.2.1. Objetivo general

1. Realizar el estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibras de agave en la provincia de Yungay, departamento Ancash, 2020.

1.2.2. Objetivo específicas

1. Determinar las propiedades del suelo y de las fibras de agave torcido
2. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de bloques de suelo con y sin adición de fibras de agave torcido
3. Realizar la valoración económica de bloques de suelos adicionados con fibra de agave torcido.

1.3. Justificación e importancia de la investigación

1.3.1. Justificación Práctica

Se busca incorporar una nueva unidad de albañilería mejorada en función a los resultados de laboratorio, con el propósito de crear nuevas viviendas con paredes resistentes en el distrito de Yungay. Asimismo, generar una guía metodológica con datos científicos que le podría servir como un instructivo a la población para elaborar un tipo bloque adicionado con fibra de agave torcido, en el cual se especificara las dimensiones del bloque, dosificaciones de los materiales, tratamiento de la fibra de agave y modo de preparación siguiendo los parámetros que establecen las Normas Técnicas Peruanas.

1.3.2. Justificación Social

Se podrá beneficiar aproximadamente 4450 hogares de bajos recursos económicos, los cuales están contruidos con paredes exteriores de adobe o tapia, siendo el 81,94 % del total de las viviendas del distrito de Yungay. Mejorando su calidad de vida en cuanto a seguridad, economía y ambiental. Cuando se habla de seguridad, se refiere a mejorar la unidad de albañilería y ofrecer muros con paredes resistentes, que puedan resistir las cargas de vientos y sismos moderados, en cuanto a economía, a la reducción de coste de materiales y transporte de estos mismos, reducción de costes en la construcción de la vivienda, reducción de coste de agua y luz y reducción de mantenimiento y reparación de la vivienda, en cuanto a ambiental, a la utilización de fuentes de energía renovable y no contaminantes . De igual forma de obtener éxito en la investigación, estos bloques adicionados con fibra de agave torcido, también se podrán utilizar en las otras regiones rurales de la sierra del Perú, así como en países vecinos y zonas con necesidades.

1.3.3. Justificación Ambiental

A través de la elaboración de esta unidad de albañilería reforzada con fibra de agave torcido, se va a reducir la explotación a cielo abierto de canteras para la extracción de los materiales de construcción, el cual genera cambios en la calidad de aire, aumento del material particulado y alteración del paisaje con daños casi irreversibles en la mayoría de las veces puede dejar estériles los suelos, asimismo reducción de emisiones de CO₂ en la atmósfera, generados por las grandes masas de fabricación de cemento y disminución de la generación de residuos de construcción y demolición. Debido a que se utilizaran materiales respetuosos y comprometidos con el ambiente, que hacen un uso sostenible de la energía y no desperdicia materiales, sino que reutiliza y recicla.

1.3.4. Importancia de la Investigación

Es importante porque busca ofrecer un nuevo proceso constructivo con el fin de crear viviendas con paredes resistentes partir de una unidad de albañilería reforzada con fibra de agave torcido, la cual está desarrollada con tecnologías constructivas de relación costo-beneficio eficiente, lo cual beneficiaría directamente a los pobladores de bajos recursos económicos, disponiéndoles una vivienda digna y segura. Asimismo, al utilizar el material suelo y la fibra natural como refuerzo, se estaría reduciendo el consumo elevado de energía por la masiva extracción de los agregados, emisiones del CO₂ a la atmósfera por la producción de cemento y generación de residuos por construcción y demolición.

La novedad de esta investigación con respecto a las otras, es que está enfocada a mejorar la vida del poblador de Yungay en tres aspectos muy importantes (viviendas resistentes, bajo impacto ambiental y reducción de costos de los materiales de construcción)

1.4. Delimitación de la Investigación

1.4.1. Delimitación Espacial

El siguiente “Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave.” Se realizará en el distrito de Yungay, provincia de Yungay. La cual se encuentra ubicada en la zona central del departamento de Ancash, dentro de las siguientes coordenadas:

Latitud: 8°31'0"S, Longitud: 77°32'0"W y a una altura de 2458 m.s.n.m.

Figura 1

Ubicación de la Provincia de Yungay



Nota. Plano de ubicación de la provincia de Yungay. Adaptado de “Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Yungay 2017 – 2026”. Municipalidad provincial de Yungay.

1.4.2. Delimitación Temporal

El siguiente “Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave.” Será realizado en un tiempo aproximado de 12 meses. Lo cual estará dividido en dos etapas, en la primera etapa, se recopilará toda información relevante, teorías, planteamiento de

hipótesis, metodologías e instrumentos para el correcto desarrollo de la investigación. Mientras que, en la segunda etapa se realizará el trabajo de campo y la experimentación para comprobar o rechazar la hipótesis planteada de la etapa anterior.

1.4.3. Delimitación de contenido

De acuerdo a la resolución aprobada N°082-2018-UCSS-FI/CF con fecha 30 de mayo del 2018 por la Universidad Católica Sedes Sapientiae para proyecto de investigación y tesis, tiene como línea investigativa: “construcción y gestión de edificaciones”; y se encuentra dentro del campo de investigación: “tecnología de la construcción y procesos constructivos”.

1.5. Limitaciones de la Investigación

Una de las limitaciones del estudio experimental es transportar los materiales de bloques de suelo, ya que; se halla en el distrito de Yungay y los ensayos de tipo físico y mecánico serán realizados en la ciudad de Lima, debido a que en el departamento de Ancash no se cuenta con laboratorios para los ensayos mecánicos. Se contrató un camión privado para transportar los materiales, asegurando que esté en buenas condiciones para que no comprometa la calidad de Adobe. El carguío y descargo de las unidades se realizará de manera cuidadosa y ordenada, teniendo en cuenta que no se malogren las aristas. Las unidades irán asentadas sobre una cama de tierra y amortiguada a los costados con planchas de Tecnopor. Se tendrá en cuenta que las unidades vayan bien ajustadas, para que en el trascurso del viaje no se muevan.

Otra limitación, es que no existe normalización de la fibra de agave para fabricar bloques de suelo. Mediante mi investigación se podría contribuir su normalización para su uso en la construcción de casas, en función de los resultados del laboratorio.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Nacionales e Internacionales

2.1.1. A nivel Internacional

Abdelkader et al. (2023). Realizaron un artículo científico titulado “Propiedades mecánicas de bloques de tierra comprimida reforzada con fibras de vidrio y fibras de palma: Experimentos y simulación”, en la Universidad de Djelfa, Argelia. La investigación desarrollada fue de alcance experimental, donde el objetivo principal fue estudiar el efecto de la adición de fibras de palma y vidrio sobre el bloque de tierra comprimida en términos de dureza y cohesión. Se fabricaron ladrillos de 20×10×5cm, compuestos por 52 % de arcilla y 22 % de arena, más 10 % de yeso, y le agregaron fibras de palma y vidrio de 0,1 %, 0,2 %, 0,3 %, 0,4 % y 0,5 %.

Con base a los resultados obtenidos del laboratorio, se demostró que el mejor porcentaje de fibra de palma es el 0,2 %, lo que aumenta la resistencia a la compresión en un 24 % y la resistencia a la flexión en un 25,7 %. y el mejor porcentaje de fibra de vidrio es el 0,3 %, lo que aumenta la resistencia a la compresión en un 41 % y la resistencia a la flexión en un 51,8%.

Los autores de esta investigación llegan a la conclusión que, la adición de fibras de palma y vidrio aumenta la dureza en porcentajes específicos y su efecto pasa a ser el contrario en porcentajes elevados. Asimismo, las fibras de vidrio ofrecen la mejor rigidez en comparación con las fibras de palma porque son sintéticas y no se ven afectadas por la corrosión ni el desgaste.

AlShuhail et al. (2021). Realizaron un artículo científico titulado “Mejora del rendimiento de los ladrillos de tierra comprimida con aditivos naturales: astillas de madera y fibras de palmera datilera”, en la Universidad de Sharjah, Emiratos Árabes Unidos. La investigación desarrollada fue de alcance experimental, donde el objetivo principal fue investigar el efecto de fibras naturales como las fibras de palmera datilera y astillas de madera sobre las propiedades mecánicas y físicas de muestras de ladrillos de suelo. Asimismo, evaluar el efecto de la adición de modificador de arcilla sobre las principales mezclas de ladrillos. Se fabricaron muestras de ladrillos de tierra de 40x20x20 cm utilizando diferentes cantidades de fibras naturales, modificadores de arcilla junto con diferentes proporciones de cemento.

Los resultados de los ensayos de laboratorio, demostraron que las fibras de palmera datilera tuvieron una influencia más significativa en comparación con las astillas de madera en las propiedades del ladrillo del suelo. La resistencia a la compresión y la absorción de agua llegaron a ser 2,24 MPa y 15,5%, respectivamente, mediante la adición de un 1% de fibras de palma datilera. Por otro lado, la adición de un 5% de astillas de madera aumenta la resistencia a la compresión a 1,72 MPa mientras que la absorción de agua llegó a ser del 18,1%. Por otro lado, la prolongación del tiempo de envejecimiento, la adición de modificador de arcilla y el cemento al ladrillo del suelo aumenta la resistencia a la compresión y disminuye la densidad y absorción de agua de los ladrillos del suelo.

Los autores de la presente investigación llegaron a la conclusión que, las fibras de palmera datilera tienen una influencia más significativa en las propiedades del ladrillo de tierra en comparación con las astillas de madera.

Ruiz Serrano, M. (2019), realizó una tesis titulada “Formación de unidades de adobe utilizando desechos de agave "Angustifolia Haw": Un enfoque para promover el desarrollo sostenible a nivel comunitario en Santa María La Asunción, Zumpahuacán, en el Estado de México”. La investigación fue de alcance experimental, cuyo principal objetivo fue impulsar el desarrollo local sustentable a través de la elaboración de adobes de arcilla con fibras de agave y/o bagazo. Se realizaron adobes de 40 cm de largo por 20 cm de ancho por 14 cm de alto, con una concentración de bagazo del 18% con respecto al peso del adobe, una longitud de fibra promedio de 50 mm y una orientación aleatoria

Según los resultados de los ensayos de laboratorio, la inclusión de fibra de bagazo de agave *Angustifolia Haw* en el adobe aporta una mayor resistencia a la compresión. Esto se traduce en un incremento del 35% en la capacidad de soportar cargas verticales en comparación con el adobe convencional. Aunque el adobe reforzado con bagazo de agave es más ligero que el tradicional, muestra un mayor índice de absorción de humedad.

El autor concluye que, el adobe reforzado con bagazo de agave exhibe una mayor resistencia a la compresión. Sin embargo, en términos del porcentaje de absorción de agua, no arrojó los resultados más óptimos, lo que sugiere un posible debilitamiento a largo plazo del material. Además, en cuanto a los costos y el tiempo de elaboración, la obtención de fibras de las hojas de agave (ixtle) implica un proceso artesanal de rasgado y raspado, lo que eleva los costos y prolonga el tiempo necesario para la preparación de los adobes con esta mezcla..

2.1.2. A nivel Nacional

Aliaga y Gonzales (2020), realizaron un proyecto de investigación cuyo título fue “Propuesta de mallas de fibras de maguey para mejorar la resistencia de muros de adobe en el distrito de Colcabamba - Huancavelica”. La investigación fue de alcance experimental con un nivel de investigación explorativo. El objetivo principal de dicha investigación fue crear una propuesta sostenible y económica para el refuerzo a base de fibras naturales de maguey que mejore el desempeño en resistencia de los muros de las viviendas de adobe. La muestra de esta investigación estuvo conformada por 10 especímenes (5 para los bloques tradicionales y la diferencia para la propuesta). Para que la malla propuesta funcione como un refuerzo de material natural tejido y que envuelva en su totalidad a los muros de adobe, se plantearon 12 prototipos, los cuales se diferenciaron en diámetro y en el espaciamiento de cada abertura, quienes fueron ensayados a tracción.

Los resultados de los ensayos demostraron que los bloques de adobe elaborados tradicionalmente, alcanzaron una resistencia a la compresión de $11,51 \text{ kgf/cm}^2$, mientras que los bloques de adobe elaborados bajo el diseño de mezcla propuesto alcanzaron una resistencia a la compresión de $13,53 \text{ kgf/cm}^2$, apreciándose un aumento porcentual de resistencia con respecto al adobe tradicional de $17,59 \%$. Del ensayo realizado a la fibra de maguey el prototipo T10 fue el que alcanzó la mejor resistencia cuyo valor fue de $11,0 \text{ kN/m}^2$. Este modelo presenta un espaciamiento de 2 centímetros y un diámetro de 0.80 centímetros. Según el análisis de costo unitario del refuerzo de maguey se comprobó que el precio por m^2 es 5.82 nuevos soles, valor mucho más económico en comparación con los refuerzos sintéticos que tiene un valor de 13.00 nuevos soles para la localidad en estudio.

Los autores de esta investigación concluyen, que las mallas de fibras de maguey mejoran las propiedades mecánicas de los muros de adobe del distrito de Colcabamba.

Guevara y Merino (2019), realizaron una tesis titulada “Estudio técnico - económico de bloque de adobe adicionado con Arundo Donax. Lima, 2019”. La investigación fue de alcance experimental, donde el objetivo principal fue comparar las propiedades y el costo de fabricación del bloque de adobe reforzado con Arundo Donax y el bloque de adobe sin refuerzo. La población objeto de estudio estuvo compuesta por 40 especímenes, a quienes estudiaron sus propiedades físicas y mecánicas, asimismo su costo de fabricación.

Según los resultados del laboratorio, los cubos de suelo alcanzaron una resistencia a la compresión de $11,99 \text{ kgf/cm}^2$, superando la resistencia última de la Normativa E.080 en un 17,6 %. En cuanto al ensayo de succión los bloques de adobe sin refuerzo y los reforzados con Arundo Donax tuvieron una succión de 1,0 g y 0,7 g. Del ensayo de resistencia a la compresión axial los prismas de adobe sin refuerzo y los reforzados presentaron una resistencia de $9,92 \text{ kgf/cm}^2$ y $9,26 \% \text{ kgf/cm}^2$. Del ensayo del módulo de elasticidad “Em” de las pilas sin refuerzo y las reforzadas presentaron una resistencia de $3\ 063,65 \text{ kgf/cm}^2$ y $3\ 530,52 \text{ kgf/cm}^2$. Del ensayo de resistencia a la compresión diagonal de los muretes de bloques de adobe sin refuerzo y los reforzados tuvieron una resistencia de $0,58 \text{ kgf/cm}^2$ y $0,53 \text{ kgf/cm}^2$ y del ensayo de módulo de corte “Gm” los muretes con bloques de adobe sin refuerzo y los reforzados presentaron una resistencia de $923,22 \text{ kgf/cm}^2$ y $908,44 \text{ kgf/cm}^2$. Asimismo, se comparó el costo de fabricación del bloque de adobe sin refuerzo siendo igual a S/ 1,00, mientras que el bloque de adobe reforzado con fibras diagonales de Arundo Donax tuvo un valor de S/ 1,53.

Las autoras de esta investigación llegaron a la conclusión de que las cuerdas colocadas de manera diagonal al interior de la unidad disminuyeron la resistencia de los bloques de adobe. Debido a que presentaron cierta rigidez y se pandearon, ya que trabajaron a compresión deteriorando al adobe en la zona de pandeo.

Vásquez (2019), realizó una tesis titulada “Evaluación de la resistencia a la compresión de bloques de adobe reforzados con la inclusión de filamentos de malla mosquitera y malla raschel - Cajamarca, estudio realizado en 2018”. Fue experimental. El propósito consistió en establecer la capacidad de resistencia a la compresión de los bloques de adobe compactados mediante la inclusión de filamentos provenientes de malla mosquitera y malla raschel. En total se fabricaron 56 especímenes de las siguientes dimensiones ($l=30\text{cm}$, $a=15\text{cm}$, $h=10\text{cm}$) usando la maquina CINVA RAM, quienes fueron trasladados al laboratorio de la UPN para sus respectivos ensayos.

Los resultados de los bloques de suelo demostraron lo siguiente, el adobe patrón alcanzo una resistencia la compresión de 11.97 kg/cm^2 , los bloques de adobes compactados con adición de 0.2% de filamentos con malla raschel de 2, 2 ½ y 3 pulgadas llego a 22.02, 23.57 y 24.40 kg/cm^2 y los bloques de adobes compactados con la adición de filamentos de malla mosquitera de 2, 2 ½ y 3 pulgadas llego a 18.50, 18.64 y 19.47 kg/cm^2 , siendo estos resultados mayores al bloque patrón y a lo que especifica la Norma E.080.

El autor concluye que la adición del 0.2% de filamentos de malla mosquitera y malla raschel con dimensiones de 2 pulg, 2 ½ pulg y 3 pulg en el bloque de adobe compactado mejoran su propiedad mecánica, en resistencia a compresión hasta en 83.02, 96.91 y 103.84% (malla raschel) y 54.55, 55.72 y 62.66% (malla mosquitera), lo cual la hipótesis planteada al principio de la investigación se cumple.

2.2. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.2.1. El suelo como material de construcción

La edificación de hogares utilizando adobe en el Perú se posiciona como la opción más asequible y directa para satisfacer la necesidad de vivienda propia entre las comunidades de bajos recursos del país. En términos de preferencia, el adobe o la tapia se erigen como el segundo material más popular para las paredes exteriores de viviendas particulares, abarcando un total de 2 millones 148 mil 494 unidades, lo que representa el 27,9% del total de viviendas. Dentro de los departamentos donde el uso de este material es más frecuente podemos citar a Huancavelica, siendo el departamento con el mayor número de viviendas con paredes exteriores de adobe o tapia con 84 mil 835, que equivale al 82,4% del total de viviendas, seguido de Apurímac con 91 mil 752 viviendas (76,1%), Cajamarca con 264 mil 310 viviendas (70,3%), Cusco con 217 mil 794 viviendas (67,3%), el departamento de Ancash se encuentra posicionada en una de las 10 regiones con mayor número de viviendas con paredes exteriores de adobe con 141 mil 794 viviendas (47,9%).(INEI, 2018, pp. 30-32)

Durante los Censos Nacionales de Población y Vivienda llevados a cabo en los años 1993, 2007 y 2017, se observó que la mayoría de las viviendas construidas con adobe o tapial se encuentran principalmente en la región serrana del país, especialmente en áreas rurales. Este tipo de construcción, gracias a su bajo costo, se convierte en una valiosa alternativa que beneficia a las comunidades más desfavorecidas y de recursos limitados al proporcionarles acceso a una vivienda propia.

2.2.2. Tipos de bloque de suelo empleados en la industria de la construcción.

Llumitasig y Siza (2017, p. 8) consideran los siguientes tipos:

- Bloque de suelo artesanal. Fabricado a mano en distintos tamaños, este adobe sigue métodos tradicionales y se seca naturalmente al aire.
- Bloque de suelo artesanal básico. Hecho principalmente de barro húmedo y agua, este adobe no cocido se moldea a mano.
- Bloque de suelo artesanal estabilizado naturalmente: Mejora su resistencia a la compresión y su impermeabilidad mediante la adición de diversos estabilizadores naturales, como fibras de maguey, goma de tuna, sangre de toro, paja, cáscara de arroz, estiércol de vaca, entre otros.
- Bloque de suelo estabilizado con minerales. Reforzado con estabilizantes minerales como cal, yeso, cemento, entre otros, este adobe mejora su resistencia a la compresión y su impermeabilidad.

2.2.3. Pruebas in situ de la tierra del adobe

Para realizar los adobes, se requiere que la tierra tenga una buena proporción de arena, arcilla y limo, la normativa peruana E.080 nos recomienda realizar las siguientes pruebas de la tierra a utilizar.

Prueba cinta de barro

En esta evaluación, se emplea una muestra de barro con una consistencia que permita la formación de un cilindro de 12 mm de diámetro en aproximadamente 10 minutos. Este cilindro se coloca en una mano y se aplana gradualmente entre los dedos pulgar e índice hasta formar una cinta de 4 mm de grosor, permitiendo que cuelgue libremente. Si la longitud de la cinta alcanza

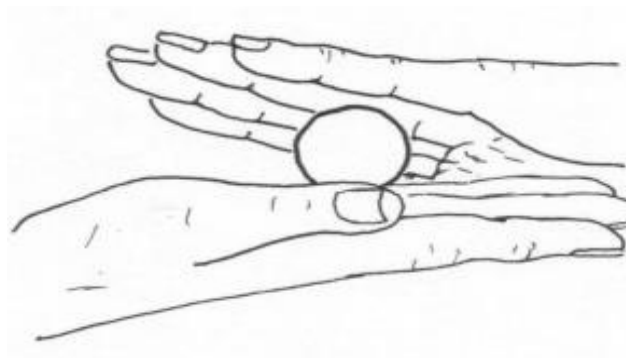
entre 20 cm y 25 cm, indica la presencia de un alto contenido de arcilla en el suelo. Por otro lado, si la cinta se corta a los 10 cm o menos, significa que el suelo posee un bajo contenido de arcilla (NTP. E.080, 2017).

Prueba Presencia de arcilla o Resistencia seca

Esta prueba tiene un tiempo de duración de 48 horas, primeramente, hacer cuatro esferas de barro con la tierra de la zona, como se puede apreciar en la Figura 2. Después dejar secar las 4 esferas por 48 horas sin dejar que le caiga agua, lluvia, etc.

Figura 2

Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca



Nota. Creación de las 4 esferas de barro sobre las palmas de la mano. Adaptado de la "Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" (p.20)

Tras el transcurso de 48 horas, se procede a ejercer presión con el pulgar y el dedo índice, tal como se ilustra en la Figura 3. Si durante esta acción se produce la ruptura, fisura o agrietamiento de al menos una esfera, se recomienda recrear cuatro nuevas esferas utilizando los mismos materiales y condiciones de secado previas. En caso de que el problema persista después de repetir la prueba, se aconseja evitar el uso de la tierra proveniente de esa cantera.

Figura 3

Prueba de presencia de arcilla o resistencia seca



Nota. Esfera de barro presionada por el dedo pulgar e índice de las manos. Adaptado de la "Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada" (p.20)

2.2.4. Sistema de clasificación de suelos SUCS

Das (2013), señala que el sistema de clasificación de suelos fue introducido por Casagrande en 1948 con el propósito de facilitar los trabajos de construcción del aeródromo realizados por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente, en 1952, en colaboración con el U.S. Bureau of Reclamation, este sistema fue revisado. En la actualidad, es ampliamente adoptado por ingenieros y está estandarizado por la Norma ASTM D-2487. Este sistema divide los suelos en dos categorías principales (p. 82)

2.2.5. Descripción de los ensayos principales del suelo

A continuación, se explican los diferentes procedimientos de laboratorio empleados para caracterizar el material de tierra.

Contenido de humedad

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC, 2016) afirma que “La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas” (p.49). Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente ecuación 1.

$$W\% = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

Ecuación 1 Contenido de humedad

Donde:

$W\%$ = Contenido de Humedad

W_W = Peso del agua en gramos

W_S = Peso de las partículas sólidas en gramos

Límites de Consistencia

La plasticidad es la capacidad que tienen los suelos de deformarse sin fracturarse hasta cierto límite. Esta propiedad permite evaluar el comportamiento de los suelos en diversas condiciones. Las arcillas muestran esta característica en diferentes grados. Para determinar la plasticidad de los suelos, se utilizan los límites de Atterberg, los cuales permiten clasificar los cuatro estados de consistencia de los suelos cohesivos (Crespo, 2004, p. 69).

Límite Líquido

El límite líquido (LL) se refiere al nivel de humedad, expresado en porcentaje con respecto al peso seco de la muestra, en el cual el suelo transita de su estado líquido a plástico. Según esta definición, los suelos plásticos muestran una resistencia muy baja al corte en el límite líquido,

pero esta resistencia es definida, y según Atterberg es de 25 g/cm². La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula. (Crespo Villalaz, 2004)

Para calcular el límite líquido de un suelo, se usará la ecuación 2.

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

Ecuación 2 Limite Liquido

Donde:

N = Numero de golpes requerido para cerrar la ranura

W^n = Contenido de humedad del suelo

2.2.5.2.2. Limite Plástico

El autor Das (2016), define al “El límite plástico se define como el nivel de humedad, expresado en porcentaje, en el cual el suelo, al ser enrollado en hilos de 3.2 mm de diámetro, se desintegra. Este límite marca el punto más bajo del rango plástico del suelo” (p. 64). La (ASTM D 4318, 2005) con define al límite plástico como “El contenido de agua, en porcentaje, de un suelo en el límite entre los estados plástico y semisólido” (p. 3)

El límite plástico se calcula mediante la ecuación 3 mostrada a continuación.

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

Ecuación 3 Limite Plástico del Suelo

2.2.5.2.3. Índice de Plasticidad

“Se refiere al intervalo de contenido de humedad en el cual un suelo exhibe comportamiento plástico. Matemáticamente, equivale a la discrepancia entre el límite líquido y el límite plástico” (NTP 339.129, 2019, p. 4).

Atterberg demostró que la plasticidad de un suelo fino quedaba definida por dos parámetros, el límite líquido y el límite plástico. El parámetro que define a la plasticidad es el índice de plasticidad, el cual se lo obtiene mediante la resta aritmética entre el límite líquido y el límite plástico (Cevallos, 2012).

El índice de plasticidad se calcula mediante los cálculos de la ecuación 4.

$$IP = LL - LP$$

Ecuación 4 Índice de Plasticidad

Tanto el límite líquido como el límite plástico son influenciados por la cantidad y el tipo de arcilla presentes en el suelo. Sin embargo, el índice plástico suele estar más relacionado con la cantidad total de arcilla en el suelo. Así a las arenas limpias se les atribuye un índice de plasticidad nulo, aunque en realidad su valor no se puede determinar con exactitud (Rabat, 2016).

2.2.5.3. Análisis Granulométrico de suelos por tamizado

Según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016) “El análisis granulométrico de suelos por tamizado; tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo”. (p. 44)

Este método de ensayo abarca la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de las partículas en suelos. La distribución de tamaños de las partículas mayores a 75 μm (retenidas

en la malla 200) es determinado por tamizado, mientras que la distribución de tamaños de partículas menores a 75 μm es determinado por un proceso de sedimentación usando un hidrómetro. (ASTM D 422-63, 2007)

2.2.6. Proceso constructivo del bloque de suelo

El manual “Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas”. (Blondet et al., 2007). Detalla los siguientes pasos a tener en cuenta al momento de construir adobes.

Selección del suelo

Es recomendable que la composición del suelo se acerque a los siguientes porcentajes: arcilla entre 10% y 20%, limo entre 15% y 25%, y arena entre 55% y 70%. No se debe emplear suelos orgánicos. Además, se deben eliminar piedras con un diámetro superior a 5 mm y cualquier otro elemento extraño presente en el suelo.

Dimensionamiento de la unidad de adobe

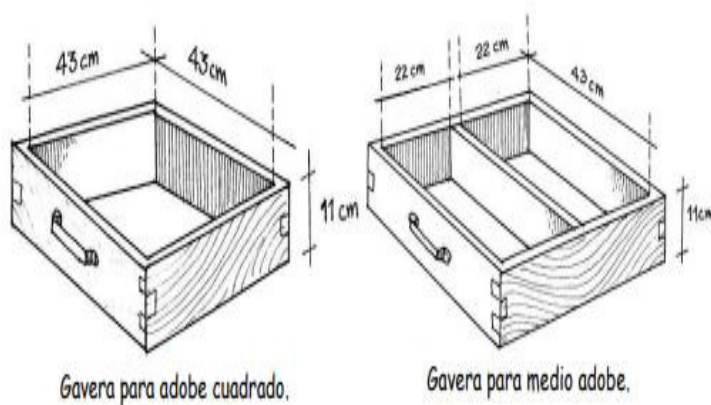
Los adobes pueden tener forma cuadrada o rectangular, y en caso de encuentros con ángulos distintos a 90°, se pueden utilizar formas especiales. Las dimensiones deben cumplir con ciertas proporciones: para los adobes rectangulares, el largo debe ser aproximadamente el doble del ancho, y la relación entre el largo y la altura debe ser de 4 a 1. Se recomienda que la altura sea mayor a 8 cm siempre que sea posible.

Preparación de la adobera

Las gaveras son moldes hechos de madera o metal como se muestra en la Figura 4, que sirven para hacer los adobes de tu vivienda, las mediciones internas de la gavera serán del tamaño del bloque de suelo escogido.

Figura 4

Molde o gavera para adobe cuadrado y medios



Nota. Medidas internas de la gavera para adobes cuadrados y para medio adobe. Adaptado del “Manual de construcción con adobe reforzado con geomallas de viviendas de bajo costo saludable y seguras” (p.24), por Blondet, et al., 2010.

Preparación del barro para los adobes

Primeramente, se zarandea el suelo para eliminar las piedritas, luego se mezcla con agua y se deja dormir el barro por 2 días. A continuación, se agrega paja en la proporción de 1 de paja y 5 de barro como se aprecia en la Figura 5. Después mezclar la paja con el barro y amasarlo bien para hacer adobes de prueba. Usar paja de caña, trigo, ichu o césped. La paja se debe agregar al barro cortada en tiras de 5 cm para evitar que se produzcan rajaduras.

Figura 5*Preparación del barro para los adobes*

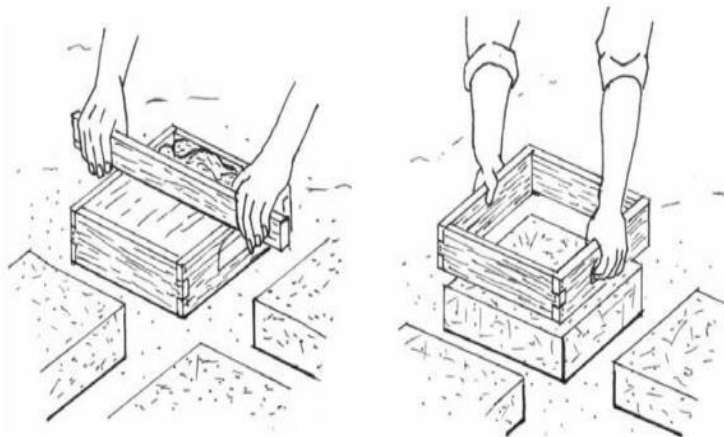
Nota. Mezclado del barro con la paja. Adaptado del manual “Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas” (p.12), por Blondet, et al., 2007.

Relleno del molde de gavera

Antes de llenar al molde de barro, primero introducirlo en agua. Luego, espolvorea arena fina en el suelo dentro del molde para que no se pegue el barro. Seguidamente arroja el barro en bolas dentro del molde colocado en el suelo del tendal plano y emparéjalo con las manos. Después empareja la superficie con una regla de madera mojada. Finalmente saca con cuidado el molde para no deformar el adobe recién hecho, así como se puede observar en la Figura 6.

Figura 6

Relleno del molde de gavera



Nota. Emparejado de la superficie con una regla y sacado del molde de gavera. Adaptado del manual “Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas” (p.14), por Blondet, et al., 2007.

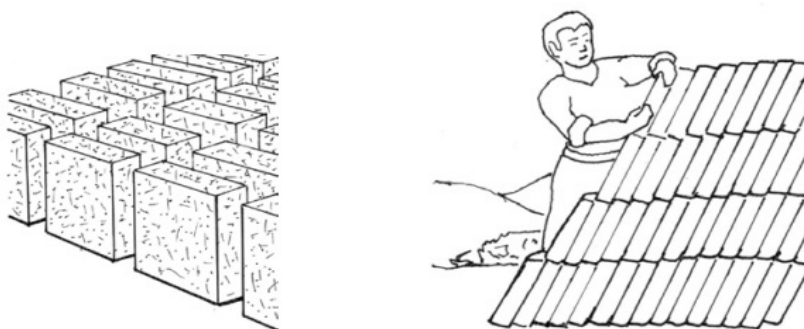
Secado y apilado de los adobes.

Secar los adobes bajo sombra y protección de esteras, telas o plástico. El tendal donde serán colocados debe ser plano, de suelo (no césped ni piedras), sin sales, bajo sombra y protegido del viento. Además, debes espolvorear su superficie con arena fina

A los 4 días de secado de los adobes, voltéalos de canto para que se sequen uniformemente y una semana después, apila los adobes. Tal como se muestra en Figura 7.

Figura 7

Secado y apilado de los adobes



Nota. Volteados de canto y apilado de los adobes. Adaptado del manual “Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas” (p.15), por Blondet, et al., 2007

2.2.7. Propiedades físicas del bloque de suelo**Alabeo**

El grado de curvatura (hacia adentro o hacia afuera) del ladrillo influye en el grosor de la junta. Un alabeo excesivo puede resultar en una menor área de contacto con el mortero, ya que se forman espacios vacíos en las áreas más curvadas. Además, podría ocasionar grietas por flexión debido al peso de las filas superiores de ladrillos. Para evaluar esto, se coloca el ladrillo sobre una superficie plana y se inserta una cuña graduada en milímetros en la parte más curvada. También se utiliza una regla para medir la deflexión máxima mientras se inserta la cuña. El resultado promedio se expresa en milímetros (San Bartolomé et al., 2018, p. 58).

Variabilidad Dimensional

La variabilidad dimensional define la altura de las hiladas, ya que se manifiesta con mayores variaciones, en la necesidad de aumentar el espesor de la junta de mortero por encima de lo estrictamente necesario por adhesión, que es de 9 a 12 mm, conduciendo a una albañilería menos resistente en compresión (Gallegos y Casabonne, 2005, p. 116)

Para determinar la variación dimensional del espécimen de suelo, se hace uso de la ecuación 5.

$$V (\%) = 100 \times \frac{Df - Dp}{Df}$$

Ecuación 5 Variabilidad Dimensional

Donde:

V (%) = Porcentaje de la variación dimensional

Df = Medidas de diseño

Dp = Medidas promedio en mm, (largo, ancho y alto)

Absorción

La absorción es un indicador de la permeabilidad de las unidades de albañilería. Para las unidades de arcilla, se recomienda que la absorción no supere el 22%. Aquellas unidades con una absorción mayor a este valor serán más porosas y, en consecuencia, menos resistentes a los efectos de la intemperie. La unidad porosa absorberá agua del mortero, secándolo e impidiendo el adecuado proceso de adherencia mortero-unidad, lo que influye en la disminución de la resistencia del muro. (NTP E.070, 2005)

Para calcular la absorción de cada espécimen se usará la ecuación 6.

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

Ecuación 6 Absorción

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen

W_s = Peso del espécimen saturado, después de la sumersión en agua fría.

Succión

Abanto (1995), “la succión es la propiedad que tienen los ladrillos de absorber agua; que depende del grado de porosidad de la unidad. Esta propiedad define la resistencia del muro a tracción”. (p.141-142). Para Gallegos y Casabonne (2005), la succión representa la capacidad de absorción de agua de la unidad de albañilería en su superficie de asentamiento. Esta propiedad es esencial para determinar la relación entre el mortero y la unidad en el punto de contacto, y, en consecuencia, influye en la resistencia a la tracción de la albañilería (p.117).

La succión de la unidad de albañilería se calculará a partir de la ecuación 7.

$$X = \frac{200 \times W}{L \times B}$$

Ecuación 7 Succión

Donde:

X: Diferencia de pesos corregida, sobre la base de 200 cm².

W: Diferencia de pesos del espécimen (g).

L: Longitud del espécimen (cm).

B: Ancho del espécimen (cm).

2.2.8. Propiedades mecánicas del bloque de suelo

Resistencia a la Comprensión

Según Gallegos y Casabonne (2005), la resistencia a la compresión es la característica principal de las unidades de albañilería. Valores elevados indican una calidad óptima para su uso en estructuras y en condiciones de exposición diversas. Por otro lado, valores bajos sugieren que las unidades resultantes generarán una albañilería de baja resistencia y durabilidad limitada. Sin embargo, medir esta propiedad adecuadamente presenta desafíos. La amplia gama de formas y dimensiones de las unidades, especialmente en términos de altura, dificulta la correlación entre los resultados de los ensayos de compresión y la verdadera resistencia del material constituyente. Esto se debe a los efectos de la forma y la relación de aspecto en el resultado del ensayo, así como a la restricción causada por los cabezales de la máquina de compresión, que pueden alterar el estado de esfuerzos de la unidad (p. 111).

La resistencia a la compresión de cada espécimen se calculará con la ecuación 8.

$$C = \frac{W}{A}$$

Ecuación 8 Resistencia a la compresión

Donde:

C = Resistencia a la compresión del espécimen, (kg/cm^2)(o $\text{Pa} \cdot 10^4$)

W = Máxima carga indicada por la máquina de ensayo, kgf o N.

A = Promedio del área bruta de las superficies de contacto superior e inferior del espécimen, cm^2 .

Resistencia a la tracción por flexión

La resistencia a la tracción por flexión se refiere a la relación entre una carga aplicada a cierta distancia de una sección transversal. Se evalúa en relación al alabeo debido a que la resistencia a la tracción es una medida de la resistencia a la tracción indirecta o a la tracción por flexión (Parro, 2015).

De manera similar a la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción por flexión es solo un indicador de la calidad de la unidad. Su evaluación debería realizarse cuando exista la incertidumbre de utilizar una unidad tipo IV o V, o cuando se tenga un alto alabeo que puede inducir a la unidad a una falla de tracción por flexión (San Bartolomé, 1994, p.131).

2.2.9. Propiedades mecánicas de la pila del bloque de suelo

Resistencia a compresión axial ($f'm$)

Según San Bartolomé et al., (2018), La resistencia a la compresión axial individual de una pila (f_m) se calcula dividiendo la carga de rotura entre el área bruta de la sección transversal. Este cálculo se realiza independientemente de si la unidad de albañilería utilizada es hueca o sólida, y sea un ladrillo o un bloque. Además, este valor se ajusta según el factor de esbeltez establecido en la Norma E.070. Después de realizar los ensayos en todas las pilas, se calcula el valor promedio (f_m) y la desviación estándar (σ) de la muestra ensayada. Posteriormente, siguiendo lo establecido en la Norma E.070, se determina la resistencia característica ($f'm$) restando una desviación estándar al valor promedio obtenido (p.85).

Para calcular la resistencia a la compresión axial de las pilas, se utiliza la ecuación 9.

$$f'm = f_m - \sigma$$

Ecuación 9 Resistencia a compresión axial ($f'm$)

Donde:

f_m : resistencia a la compresión (kg/cm^2)

f'_m : resistencia característica a compresión (kg/cm^2)

σ : desviación estándar

Módulo de elasticidad (E_m)

El módulo de elasticidad, según la ASTM E111- 17 (2017), es determinado como la relación entre el esfuerzo y su deformación correspondiente debajo del límite proporcional. El límite proporcional se sitúa por debajo del máximo esfuerzo que puede soportar un material, donde la deformación es directamente proporcional a la carga aplicada (ley de elasticidad de Hooke).

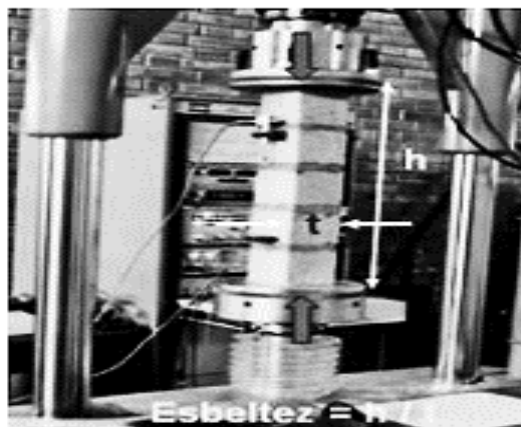
2.2.10. Técnica de ensayo de la pila de bloque de suelo

Durante el ensayo, es crucial mantener una velocidad constante y evitar cualquier tipo de impacto, garantizando así que la duración del proceso oscile entre 3 y 4 minutos. En caso de controlar la velocidad de aplicación de la carga durante el ensayo (Fig. 8), esta puede ser de 5 ton/min. Cuando existe la posibilidad de medir el desplazamiento entre los cabezales del equipo de ensayo (Fig. 9), se puede adoptar entre los cabezales una velocidad de 1 mm/min. (San Bartolomé et al., 2018, p. 84-85)

Las pilas pueden ensayarse en una máquina universal como se muestra en la (Fig. 8) o en una máquina de ensayos similar como en la (Fig. 9)

Figura 8

Esbeltéz de una pila



Nota. Ensayo de compresión en pilas. Adaptado de “Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería” (p.84), por San Bartolomé et al., 2018.

Figura 9

Maquina para ensayo de compresión de pilas



Nota. Equipos en el ensayo de compresión de pilas. Adaptado de “Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería” (p.85), por San Bartolomé et al., 2018.

2.2.11. Forma de falla de la pila de bloque de suelo

Es importante mencionar que las pilas tienden a fallar principalmente debido a la tracción perpendicular a la compresión aplicada, lo que resulta en grietas verticales. Esta situación se origina porque el mortero intenta expandirse lateralmente en mayor medida que la unidad. Dado que se requiere una compatibilidad de deformación entre ambos elementos, el mortero experimentará fuerzas de compresión mientras que la unidad estará sometida a tracción lateral. Otro tipo de falla en las pilas es por aplastamiento (de la unidad o del mortero), producida cuando se emplean materiales de baja resistencia (San Bartolomé, 1994, p.127)

2.2.12. Proceso constructivo de la pila de bloque de suelo

La NTP 399.605 (2013). UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería y la Norma Técnica Peruana E.070 (2020), establecen el siguiente proceso constructivo para las pilas de albañilería.

Es esencial considerar que los prismas serán confeccionados en el laboratorio de pruebas bajo condiciones similares a las de la construcción final. Esto implica emplear el mismo contenido de humedad que las unidades de albañilería, así como la misma consistencia del mortero, el grosor de las juntas y la calidad de mano de obra. Además, se garantizará que los prismas tengan una altura mínima equivalente a dos unidades, con una relación altura a espesor comprendida entre 1,3 y 5,0.

2.2.13. Propiedades mecánicas del murete de bloques de suelo

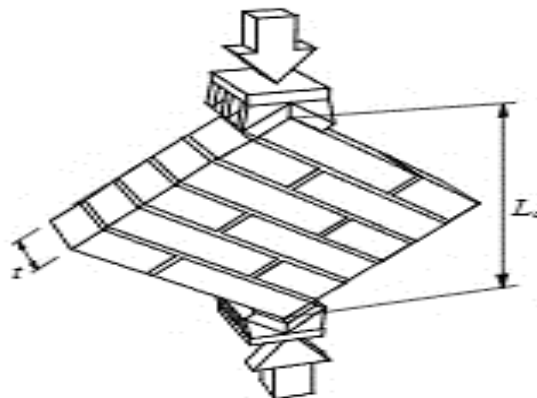
Resistencia a la compresión diagonal ($v'm$)

La Norma Técnica Peruana 399.621, relativa a las Unidades de Albañilería, detalla el procedimiento de ensayo para evaluar la resistencia a la compresión diagonal (corte) en muretes de albañilería con dimensiones mínimas de 600 mm x 600 mm. Este método implica aplicar una carga de compresión a lo largo de una diagonal, lo que provoca una falla por tracción diagonal y fisuras en dirección paralela a la carga aplicada (Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería, 2004, p. 1)

En la figura 10 se puede apreciar la resistencia a la compresión diagonal cuando se le aplica una carga.

Figura 10

Resistencia a la compresión diagonal ($v'm$)



Nota. Aplicación de la carga (p) en forma monotónicamente creciente, a una velocidad de 1 ton/m, hasta alcanzar la rotura del murete. Adaptado de “Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería” (p.89), por San Bartolomé et al., 2018.

El cálculo de la resistencia a la compresión diagonal de muretes se encontrará mediante la siguiente ecuación 10.

$$V_m = \frac{P_{max}}{2ae_m}$$

Ecuación 10 Resistencia a la compresión diagonal

Donde:

V_m = Resistencia al corte (kgf/cm²)

P_{max} = Carga de rotura (kgf)

A = Lado del murete (cm).

e_m = Espesor del murete (cm).

Módulo de corte (Gm)

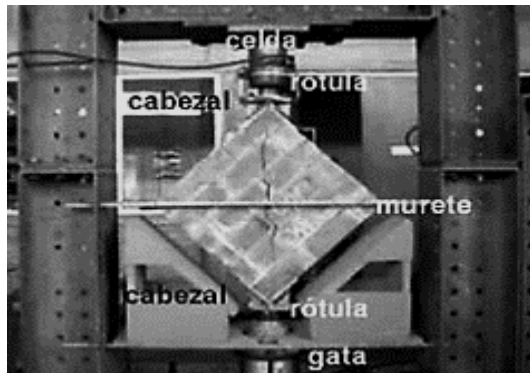
San Bartolomé et al., (2018), para determinar el módulo de corte (Gm), se examina la región más lineal o elástica de la curva carga (P) versus deformación (D), que abarca del 15% al 50% de la carga de rotura. El módulo de corte se calcula dividiendo el aumento del esfuerzo cortante entre la deformación angular (p.93).

2.2.14. Técnica de ensayo del murete de bloques de suelo

El ensayo de compresión diagonal se realiza según el procedimiento especificado por la norma técnica peruana NTP 399.621 (INDECOPI, 2004), que es similar a ASTM 519-00. Los dispositivos para generar la carga (P) en la diagonal del murete se aprecian en la Figura 11. La carga (P) se aplica en forma monotónicamente creciente, a una velocidad de 1 ton/minuto, hasta alcanzar la rotura del murete. (San Bartolomé et al., 2018, p. 89)

Figura 11

Ensayo de compresión diagonal en muretes



Nota. Dispositivos en el ensayo de compresión diagonal. Adaptado de “Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes de Albañilería” (p.89), por San Bartolomé et al., 2018.

2.2.15. Forma de falla del murete de bloque de suelo

Los muros y muretes fallan por fuerza cortante en forma escalonada a través de las juntas, o cortando las unidades (tracción diagonal); lo último se produce cuando se desarrolla una buena adherencia entre el mortero y la unidad (San Bartolomé, 1994, p.127).

Según San Bartolomé et al. (2018), La resistencia al corte puro y el tipo de falla asociada están considerablemente influenciados por el nivel de adherencia desarrollado en la interfaz entre la unidad de albañilería y el mortero. Además, los resultados obtenidos en los muretes permitirán prever tanto la resistencia al corte como la forma en que los muros reales fallarán a escala natural. Por ejemplo, cuando la adherencia es excelente, la falla afecta tanto a las unidades como al mortero, lo que maximiza la resistencia al corte; en contraste, cuando la adherencia entre la unidad y el mortero no es óptima, la falla tiende a ser escalonada a lo largo de las juntas o una combinación entre escalonada y corte de unidades (p.91)

2.2.16. Proceso constructivo del murete de bloque de suelo.

El proceso de construcción de muretes será el siguiente se realizará según la NTP 399-621, (2004)

Es esencial considerar que los muretes serán construidos en el laboratorio de pruebas bajo condiciones idénticas a las de la construcción final. Esto requiere mantener el nivel de humedad, la consistencia del mortero, el espesor de las juntas y la calidad de la mano de obra idénticos a los que se utilizarán en la construcción final. Además, los muretes tendrán forma cuadrada y una dimensión mínima de 600 mm x 600 mm, abarcando al menos dos unidades completas de albañilería por hilada según el grosor del tipo de muro que se está ensayando.

Tras la construcción, es crucial evitar mover los muretes durante al menos 7 días. Posteriormente, deben ser almacenados en condiciones ambiente durante un período mínimo de 28 días, manteniendo una temperatura de $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa entre el 25 % y el 75 %. Es importante asegurarse de que los muretes estén libres de corrientes de aire durante este proceso.

2.2.17. Fallas en las viviendas tradicionales construidas de adobe

Fallas por Flexión.

Según Moyano y Moyano (2014), definen a las fallas por flexión a las grietas horizontales en la parte central del muro, particularmente si el techo es pesado, en la base o a una altura intermedia y agrietamientos verticales adicionales que constituyen el mecanismo de falla (p. 34)

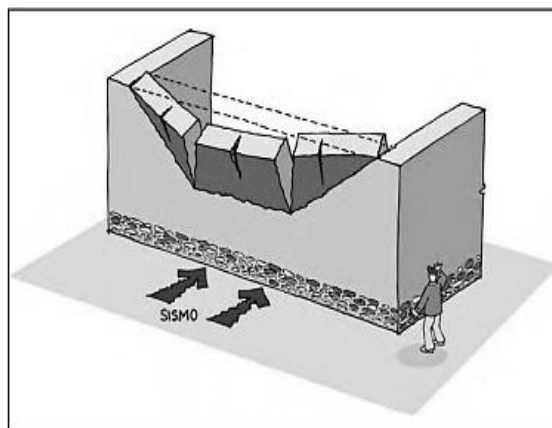
Para los autores (San Bartolomé et al., 2018), esta falla se presenta perpendicularmente al plano del muro. En situaciones donde falta una viga solera que controle la flexión en la zona

central del muro, se origina una grieta vertical. Del mismo modo, cuando falta una solera transversal y la unión dentada presenta poca resistencia, se dificulta la transmisión de las tracciones de una pared a otra, lo que conduce al desgarramiento vertical. Con los muros actuando como elementos en voladizo, se producen choques entre ellos, resultando eventualmente en su volcamiento (p. 319).

En la Figura 12 se muestra el comportamiento de una falla por flexión en un muro.

Figura 12

Falla por flexión



Nota. Grietas horizontales en la parte central del muro. Adaptado de “Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas de Adobe y Tapia Pisada” (p. 57), Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2014.

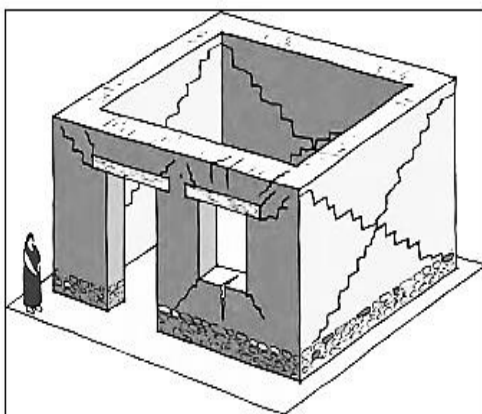
Fallas por Cortante.

La falla por cortante en el plano del muro se produce debido a la presencia de altas fuerzas horizontales. Este tipo de falla es más común en muros y alrededor de puertas y ventanas, especialmente cuando la fuerza sísmica actúa en paralelo a la pared. Como resultado, suelen aparecer grietas diagonales en estas áreas (Moyano y Moyano, 2014, p. 43)

El Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas de Adobe y Tapia Pisada, señala que, en numerosas ocasiones, estas grietas están relacionadas con entrepisos o cubiertas que son considerablemente pesadas o están sobrecargadas, y su efecto se acentúa por las aberturas de las puertas y ventanas en los muros, como resultado de las fuerzas horizontales significativas., como se observa en la Figura 13. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2004, p. 57).

Figura 13

Falla por cortante



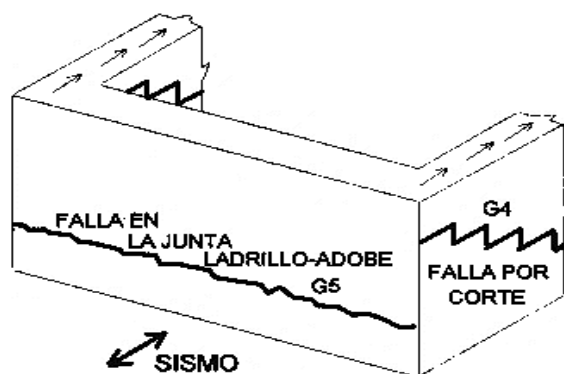
Nota. Falla por cortante en el plano del muro asociada a altos empujes horizontales. Adaptado de “Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas de Adobe y Tapia Pisada” (p. 57), Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2004.

Falla por Carga Sísmica Coplanar

Otro tipo de falla que se presenta en los muros es por fuerza cortante coplanar. Esta falla se caracteriza por adoptar una forma escalonada a través de las juntas verticales y horizontales (G4 en la Figura 14) y se debe a la poca adherencia que se desarrolla entre el mortero de barro y el adobe.

Figura 14

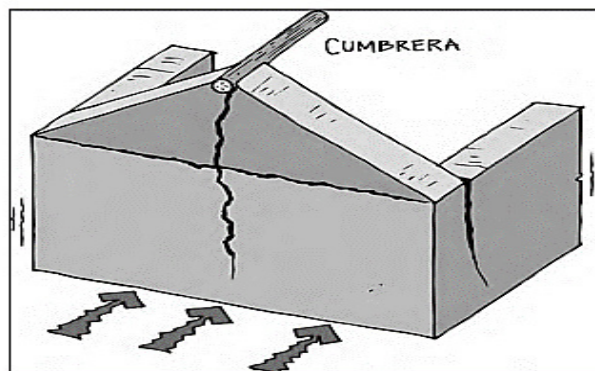
Falla por carga sísmica coplanar



Nota. Falla presentada por la poca adherencia que se desarrolla entre el mortero de barro y el adobe. Adaptado de “Manual Técnico para el Reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y sierra” (Zegarra et al., 1997).

Falla en la Base de la Zona Triangular de los Tímpanos

El empuje que origina la viga cumbre apoyada en la cúspide del tímpano, sumada a las cargas sísmicas perpendiculares al plano del tímpano, generan una falla horizontal en la base de la zona triangular (San Bartolomé et al., 2018, p. 319). En la Figura 15 se presenta el comportamiento de la falla en la base de la zona triangular de los tímpanos.

Figura 15*Falla en la Base de la Zona Triangular de los Típanos*

Nota. Colapso de la parte superior del tímpano. Adaptado de “Manual para la Rehabilitación de Viviendas Construidas de Adobe y Tapia Pisada” (p. 57), Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS, 2004.

Falla por Volteo

Para el autor (Muentes, 2016), esta falla ocurre cuando las uniones entre los muros no son los adecuados provocando que se comporten como un elemento independiente y no como una sola estructura. Cuando se produce esta situación, las fuerzas en juego pueden provocar la pérdida de estabilidad del muro y su eventual colapso. Como resultado, este componente estructural carecerá de la resistencia necesaria para evitar el colapso por vuelco. En la figura 16 se aprecia el volteo de muros.

Figura 16

Falla por Volteo



Nota. (a) falla por volteo en un muro, (b) colapso de muros por volteo. Adaptado de “Características Sísmicas de las Construcciones de Tierra en el Perú – Contribución a la Enciclopedia Mundial de Vivienda” (p.67), por Gutiérrez y Manco, 2006.

2.2.18. Norma E.080 Adobes

La Normativa Peruana E,080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, establece requisitos y criterios técnicos de diseño y construcción para edificaciones de tierra reforzada (adobe reforzado y tapial reforzado), el cual aborda las características, el comportamiento estructural, diseño y durabilidad. Asimismo, menciona que las construcciones de adobe son limitadas según las zonas sísmicas, para las zonas sísmicas 3 y 4 las construcciones con tierra reforzada deben ser de un piso y para las zonas sísmicas 2 y 1 deben ser hasta de 2 pisos. (SENCICO, 2020)

La norma hace hincapié en los esfuerzos admisibles en los ensayos de compresión.

- Resistencia a la compresión de la unidad: 1.0 MPa o 10.2 kgf/cm²
- Resistencia a la compresión axial de la albañilería: 0.6 MPa o 6.12 kgf/cm²
- Resistencia a la compresión diagonal de la albañilería: 0.025 MPa o 0.25 kgf/cm²

2.2.19. Definición, procedencia, usos y características de la fibra de agave

Definición

Los agaves son plantas perennes, hermafroditas y monocotiledóneas, conocidas por su aspecto suculento y tronco corto. Sus hojas, dispuestas en rosetas, tienen forma de lanza y son rígidas, carnosas, con bordes dentados y terminadas en espinas. La base de las hojas, también llamada "corazón" o "piña", es la parte donde residen. Además, producen inflorescencias en forma de espigas o racimos que emergen de un largo tallo floral llamado "quiote". El perianto es tubular con los estambres sobresaliendo a éste y su fruto se encuentra en cápsulas, con semillas negras achatadas (Aguirre et al., 2001).

Procedencia

El género agave es endémico de América. De sus aproximadamente 200 especies, 150 que corresponde al (75%), se encuentran en México. La distribución del género abarca del sur de los Estados Unidos hasta Colombia y Venezuela. Esta área incluye todas las islas del Caribe, desde las Bahamas a Aruba, Curacao, Trinidad y Tobago. Los países con mayores números de taxones son México, Estados Unidos, Cuba y Guatemala; los demás tienen menos de ocho especies, cifra que representa menos de 3% del total. (García, 2007, p. 19-20)

Usos

El agave es una planta de la cual se aprovechan sus hojas, tallo, flores y frutos para satisfacer varias necesidades como fuente de alimento, bebida, medicina, ornato, fibra, combustible y fertilizante. Además, el escapo floral y sus fibras se utilizan para la construcción de viviendas, como implemento agrícola y las flores son muy apreciadas en la alimentación humana. (García-Mendoza, 2007)

En general, ofrece más de 100 formas de uso, entre las cuales 70 sirven de empleo a las personas que le dan algún tipo de aprovechamiento. De estas, destaca la producción de bebidas destiladas como: bacanora, charanda, sotol, tequila y mezcal (Esparza et al., 2015).

2.2.20. Distribucion del agave en el Peru

Lodé y Pino (2007), registran los siguientes lugares donde se distribuye el Agave americana en el país: Departamento de Lima (Provincia de Huarochirí, Huaral y Canta), en el Departamento de Huánuco (Provincia de Ambo), en el Departamento de Ancash (Provincia de Bolognesi y Yungay), en el Departamento de Junín (Rio Mantaro entre Huancayo-Ayacucho), en el Departamento de Piura (Provincia de Ayabaca), Departamento de Cuzco (Provincia de Urubamba, Moray, Salinas, Maras y Lucre-Huacarpay), en el Departamento de Huancavelica, en el Departamento de Ayacucho y en el Departamento de Cajamarca (Provincia Cajamarca).

2.2.21. Características físicas, químicas y mecánicas de la fibra de agave

Las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las fibras naturales son fuertemente dependientes e influenciadas por el clima, ubicación, características del suelo, de igual manera se encuentran afectadas por las condiciones de crecimiento, técnicas de procesamiento de la fibra, así como, para otras fibras, la fineza de esta y la longitud del espécimen. (Satyanarayana et al., 2013, pp. 153-161)

“El agave está constituido principalmente por agua, celulosa, hemicelulosa, cenizas, azúcares y lignina”. (Eero Sjöström, 1993, pp. 13-14). La finalidad de la hemicelulosa y la lignina consiste en establecer una matriz para proteger las fibras de celulosa de las agresiones externas y al mismo tiempo transmitir las tensiones a las que se somete al conjunto del material. De hecho,

la estructura de las fibras naturales se considera un modelo perfecto de material compuesto, donde la celulosa es la que le aporta resistencia (Cruz y Bos, 1986).

En la tabla 1 podemos observar los porcentajes entre los que oscilan los componentes de la fibra de agave

Tabla 1

Características químicas de la fibra de agave

Componentes	Porcentaje Contenido
Cenizas	0.70 %
Humedad, ceras y grasas	1.90 %
Pentosas	10.50 % - 17.70 %
Celulosa	62.70 % - 73.80 %
Lignina	11.30 % - 15.50 %

Nota. Se puede observar que la componente celulosa posee un mayor porcentaje a comparación de los otros. Adaptado del (1er Congreso Internacional de fibras Naturales; Antioquia – Colombia), citado por (Zambrano, 2016, p. 18)

En la tabla 2 se puede apreciar las principales características mecánicas de la fibra de agave

Tabla 2*Características mecánicas de la fibra de cabuya*

Tipo de Resistencia	Cuantificación
Resistencia a la Tracción	305 MPa (3111 kg/cm ²)
Resistencia al Corte	112 MPa (1142 kg/cm ²)
Módulo de Elasticidad	7.50 MPa (76.5 kg/cm ²)
Densidad	1.30 g/cm ³

Nota. Se pueden apreciar los valores entre los que oscilan los componentes de la fibra de agave. Adaptado de Tecnología de polímeros; M. Beltrán y A. Marcilla, citado por (Zambrano, 2016, p. 18)

2.2.22. Ventajas y Desventajas del uso de fibras vegetales.

De acuerdo a la bibliografía de los diversos autores (Mwaikambo, 2006), (Farut et al., 2012) y (Claramunt, 2016), las ventajas y desventajas del uso de las fibras vegetales son las siguientes.

Ventajas

- Poseen una baja densidad, lo que se debe a su alta resistencia específica en comparación con otras fibras como las de vidrio, especialmente ante cargas de flexión.
- Exhiben una notable resistencia a la tracción y deformación, lo que proporciona al compuesto una gran ductilidad, ideal para soportar cargas dinámicas o impactos accidentales.

- Son recursos renovables y requieren poco consumo de energía durante su producción, lo que los convierte en materiales respetuosos con el medio ambiente.
- Debido a su afinidad por el agua, las fibras naturales vegetales son óptimas para ser utilizadas en matrices hidráulicas. La inclusión de estas fibras en compuestos de cemento proporciona excelentes propiedades térmicas, acústicas y de aislamiento.
- Su producción puede llevarse a cabo con inversiones relativamente modestas, lo que facilita su desarrollo en contextos industriales de países en desarrollo.
- En términos generales, la obtención de fibras naturales es segura y no plantea riesgos significativos para los fabricantes.
- Su costo es sumamente económico.

Desventajas

- Las propiedades de las fibras presentan una alta dispersión, influida por factores como el clima y el método de obtención.
- Exhiben una notable capacidad de absorción de agua, que puede exceder el 100% en una hora de inmersión. Este fenómeno genera cambios significativos en el peso y volumen de las fibras, lo que afecta su durabilidad y resistencia mecánica.
- Poseen un módulo elástico bajo.
- La durabilidad de las fibras en medios alcalinos es limitada.
- En general, las fibras orgánicas tienen una baja resistencia al fuego.
- La disponibilidad y continuidad del suministro de material puede ser irregular, dependiendo del tipo de fibra.

2.2.23. Extracción de la fibra de agave

Existen varios métodos mediante los cuales puede obtenerse la fibra, como, por ejemplo, la extracción manual que es el método más común y se puede realizar de diferentes maneras. Se puede obtener la fibra enterrando las hojas a una profundidad entre 30cm y 40cm durante 3 meses, lo que provoca una desfibración por descomposición (Re Carrera, 2016)

También se adquieren por un proceso de fermentación que consiste en sumergir las hojas en agua dentro de un recipiente cubierto para acelerar la biodegradación de la matriz de las hojas, este método se lo conoce como enriado, y toma un tiempo de 10 a 13 días (Bezazi, Belaadi, Bourchak, Scarpa, & Boba, 2014).

De igual manera se puede realizar una extracción de fibras por descortezado, este proceso de obtención de fibras toma menos tiempo. Se basa en retirar la corteza de las hojas mediante una descortezadora o manualmente, con el fin acelerar el proceso de secado (Bonilla, Trujillo, Guerra, Hugo, & López, 2009)

2.2.24. Tratamiento químico de la fibra de agave

El agave, al igual que todas las fibras naturales, también presenta algunos inconvenientes, como una alta hidrofilia con la consiguiente alta absorción de humedad. Además, se caracteriza por una alta variabilidad de las propiedades. Esto produce importantes variaciones de peso y volumen, afectando su durabilidad y resistencia mecánica, asimismo presenta un bajo módulo elástico.

Ante los problemas mencionados anteriormente, surge la necesidad de darle un tratamiento a la fibra, con la finalidad de mejorar el nivel de absorción del agua, sus propiedades mecánicas y eliminar ceras e impurezas presentes en la superficie de la fibra. En la presente investigación se

usará un tratamiento ecológico y rentable basado en una solución de bicarbonato de sodio en las propiedades de la fibra de agave. Este tratamiento químico consiste en sumergir la fibra de agave en una solución de bicarbonato de sodio al 10% en peso, durante un período de 120 h, a temperatura ambiente. Para la realización de este tratamiento se seguirá la recomendación de los autores (Fiore et al; 2015, pp. 151-159), quienes evaluaron el efecto del tratamiento basado en una solución de bicarbonato de sodio comercial sobre las propiedades de la fibra de sisal. En donde las fibras de sisal crudas fueron tratadas con una solución de bicarbonato de sodio al 10% p/p durante diferentes períodos (24, 120 y 240 h), a temperatura ambiente. Los resultados experimentales mostraron que 120 h es el tiempo óptimo para tratar la fibra de sisal y lograr la mayor adherencia interfacial y propiedades mecánicas. Es decir; después de 120 h de tratamiento las fibras mostraron variaciones positivas de la resistencia a la tracción y el módulo de Young de 197,9% y 115,0%. Mediante el análisis termogravimétrico y morfológico, se logró observar la eliminación de una porción de hemicelulosa, lignina y sustancias cerosas que cubren la superficie externa de la fibra, reduciendo así el diámetro de la fibra y aumentando así la relación de aspecto.

2.2. Definición de términos básicos.

2.2.1. Suelo

El término "suelo" se refiere a una delgada capa que cubre la superficie de la Tierra, compuesta por materiales resultantes de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas, así como de residuos de las actividades de los organismos vivos que habitan sobre ella.

2.2.2. Bloques de suelo

Se denomina bloque a aquella unidad de tierra sin cocer, que por su dimensión y peso requiere las dos manos para su manipulación.

2.2.3. Adobe Estabilizado

Se define como un bloque de suelo al que se le adicionado otros materiales con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

2.2.4. Fibras Estabilizantes

Las fibras estabilizantes permiten mejorar las propiedades de los materiales de construcción. Estas pueden ser de origen vegetal, animal y artificial.

2.2.5. Agave

También conocido como Maguey o Cabuya, conocido científicamente como Agave, es una planta robusta con hojas en forma de roseta, gruesas y carnosas, dispuestas alrededor de un tallo corto que no se eleva mucho sobre el suelo. Sus hojas son rígidas, con bordes espinosos en la punta. Almacena insulina en su tronco y produce fructosa.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Hernández et al. (2010), señalan que las hipótesis son “explicaciones tentativas del fenómeno investigado que se formulan como proposiciones”. (p.92)

Para el autor Fidias (2012), la hipótesis es una “suposición que expresa posible relación entre dos o más variables, la cual se formula para responder tentativamente a un problema o pregunta de investigación”. (p. 47)

3.1. Hipótesis Principal

Hipótesis Alterna Hi: La adición de fibra de agave influirá directamente en la mejora del 20 % de las propiedades y costos del bloque de suelo.

Hipótesis Nula Ho: La adición de fibra de agave no influirá directamente en la mejora del 20 % de las propiedades y costos del bloque de suelo.

3.2. Hipótesis Secundarias

Hipótesis Especifica 1.

Hipótesis Alterna Hi: Las propiedades del suelo y la fibra de agave, son factores que influirán en la mejora del 25 % de la resistencia de los bloques de suelo.

Hipótesis Nula Ho: Las propiedades del suelo y la fibra de agave, son factores que no influirán en la mejora del 25 % de la resistencia de los bloques de suelo.

Hipótesis Especifica 2.

Hipótesis Alterna Hi: Las propiedades físico-mecánicas de los bloques de suelo adicionadas con fibras de agave presentaran mayor resistencia del 15 % a comparación de los bloques de suelo no adicionados con fibra de agave

Hipótesis Nula Ho: Las propiedades físico-mecánicas de los bloques de suelo adicionadas con fibras de agave no presentaran mayor resistencia del 15 % a comparación de los bloques de suelo no adicionados con fibra de agave

Hipótesis Especifica 3.

Hipótesis Alterna Hi: El costo de fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave será mayor en un 50 % que el costo de fabricación de los bloques de suelo sin adionante.

Hipótesis Nula Ho: El costo de fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave no será mayor en un 50 % que el costo de fabricación de los bloques de suelo sin adionante.

3.3. Variables e Indicadores

3.3.1. Variables Principales

– **Variable independiente**

Según el autor Fidias (2012), “La variable independiente es aquella que el investigador va a manipular para generar efecto hacia la variable dependiente” (p.59). Por lo tanto, la variable independiente de la presente investigación es la fibra de agave.

– **Variable dependiente**

“Las variables dependientes son el resultado de la manipulación de las variables independientes, es decir, aquellas que siempre reciben los efectos de las variables independientes” (Avalos, 2014). Por lo anteriormente mencionado, la variable de estudio de la presente investigación es bloque de suelo adicionado.

3.3.2. Dimensiones.

En la presente investigación de estudio las dimensiones son las siguientes:

- Propiedad física de la fibra de agave con y sin tratamiento de una solución de bicarbonato de sodio al 10 % p/p
- Propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido
- Propiedades mecánicas de las pilas y muretes con y sin adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.
- Costo de fabricación de los bloques de suelo patrón y de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido

3.3.3. Indicadores.

- Absorción de la fibra
- Variabilidad Dimensional
- Alabeo
- Succión
- Absorción
- Resistencia a la comprensión.
- Flexión
- Resistencia a la comprensión axial
- Módulo de elasticidad “Em”
- Resistencia a la comprensión diagonal
- Módulo de corte “Gm”

3.4. Operacionalización de las variables

Medina (2015), La operacionalización se refiere al proceso de convertir una variable teórica compleja en variables empíricas observables directamente, con el propósito de que puedan ser cuantificadas. Desde una perspectiva técnica, operacionalizar implica identificar la variable, sus dimensiones y los indicadores e índices asociados (o sea, definirla teórica, real y operativamente). Este proceso nos permite traducir la variable teórica en atributos observables y mensurables, descendiendo progresivamente de lo general a lo específico.

En la Tabla 3 y 4 podemos observar la matriz de operacionalización de la variable dependiente e independiente

Tabla 3*Matriz de operacionalización de la variable independiente*

Dimensión conceptual	Dimensiones de la variable principal	Indicadores de la variable principal	Norma	Instrumentos	Ensayos
VP. Fibra de agave La fibra de agave es un estabilizador de carácter natural que se añadirá en proporciones indicadas en el diseño de investigación, con el cual se pretende aumentar la resistencia del adobe (Condori y Solano, 2019).	Propiedades físicas de la fibra de agave	Porcentaje de absorción de la fibra sin tratar	Norma NTP 400.012	Formato de laboratorio	Ensayo de absorción
		Porcentaje de absorción de la fibra tratada	Normas NTP 400.022	Formato de laboratorio	Ensayo de absorción

Nota. Dimensiones e indicadores de la variable dependiente de la presente investigación en curso. Elaboración propia, 2023.

Tabla 4*Matriz de operacionalización de la variable dependiente*

Dimensión conceptual	Dimensiones de la variable principal	Indicadores de la variable principal	Norma	Instrumento	Ensayo
VS. Bloque de suelo. Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. (MVCS, 2010)	Propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Variabilidad dimensional	NTP 399.613 y 399.604	Formato de laboratorio	Ensayo de Variabilidad dimensional
		Alabeo	NTP 399.613		Ensayo de Alabeo
		Succión	NTP 399.613		Ensayo de Succión
		Absorción	NTP 399.613 y 399.604		Ensayo de Absorción
		Resistencia a la compresión	NTP 399.613 y 399.604		Ensayo de Resistencia a la compresión
	Propiedades mecánicas de las pilas y muretes con y sin adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	Flexión	NTP 399.613	Ensayo de flexión	
		Resistencia a la compresión axial	NTP 399.605	Ensayo de Resistencia a la compresión axial	
		Módulo de elasticidad "Em"		Ensayo de Módulo de elasticidad "Em"	
		Resistencia a la compresión diagonal	NTP 399.621	Ensayo de Resistencia a la compresión diagonal	
		Módulo de corte "Gm"		Ensayo de Módulo de corte "Gm"	

Costo de fabricación
de los bloques de
suelo patrón y los
bloques de suelo
adicionados con fibra
de agave torcido

Costo de elaboración

Ficha

Análisis de Precios
Unitarios

Nota. Dimensiones e indicadores de la variable independiente de la presente investigación en curso. Elaboración propia, 202

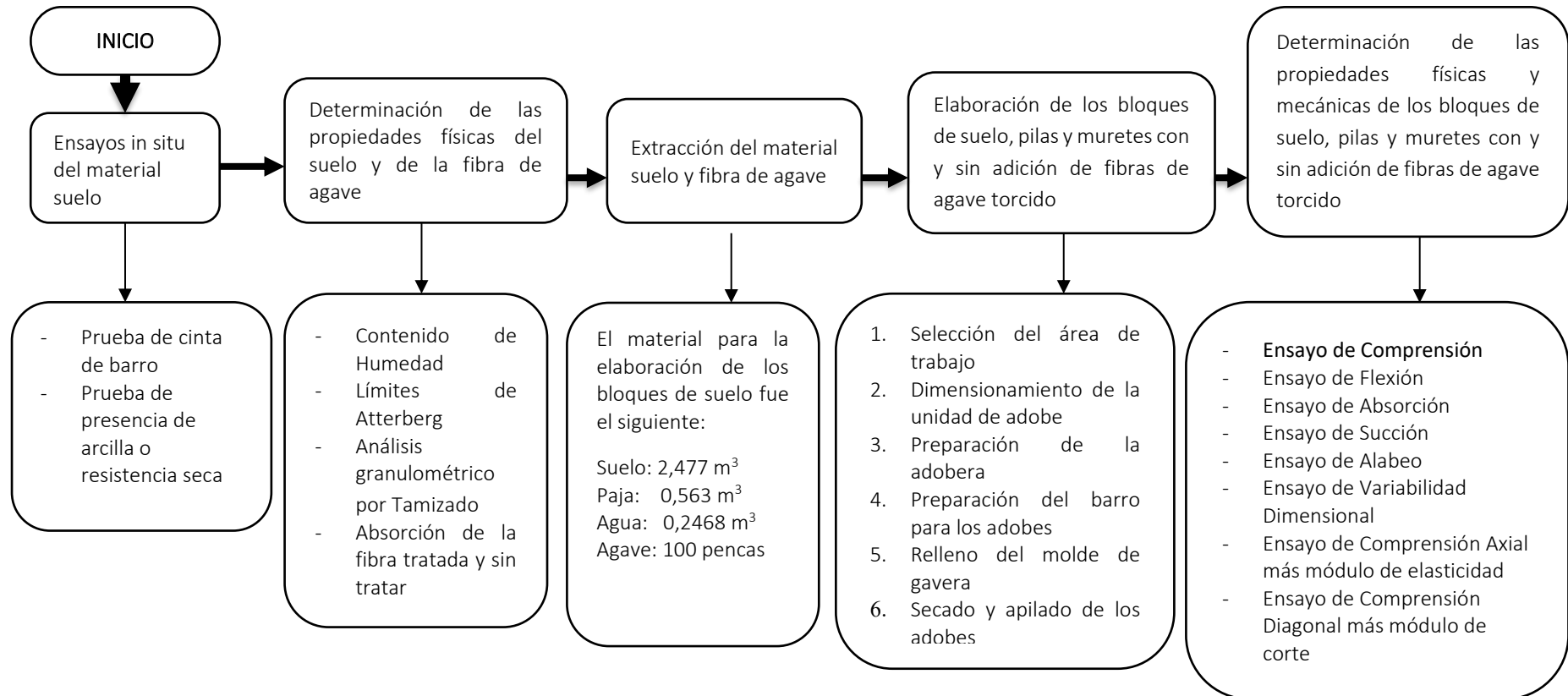
CAPÍTULO IV: DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de la investigación

En la figura 17 se muestra del diagrama de flujo del trabajo de campo y laboratorio, el cual está constituido por 5 etapas.

Figura 17

Diagrama de flujo de trabajo de campo y laboratorio



4.1.1. Tipo de investigación

“Una investigación de tipo aplicada busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática. Está más interesada en la aplicación inmediata sobre una problemática antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal” (Borja, 2016, p.10).

“El enfoque cuantitativo usa recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento”. (Sampieri et al., 2003)

Esta investigación adopta un enfoque aplicado y cuantitativo. Se considera aplicada porque implica el análisis de datos y parámetros para desarrollar bloques de adobe, destinados a su implementación en la construcción de viviendas. Además, es cuantitativa ya que implica la recolección, medición y análisis numérico de variables, con el propósito de identificar patrones en el comportamiento de la adición de fibra de maguey en las propiedades mecánicas del adobe.

4.1.2. Método de investigación

Según los autores Hernández et al. (2014), definen al método científico como un conjunto de reglas que rigen el procedimiento para llevar a cabo la investigación de modo que los resultados sean veraces, válidos y aceptados, pero también define que el método científico es un conjunto de procedimientos mediante el cual se plantean problemáticas y se ponen a prueba las hipótesis.

La presente investigación se realizó mediante el método científico, debido a que se llevó a cabo de manera ordenada, como es el planteamiento del problema, el marco teórico, hipótesis y variables de la investigación, diseño de la investigación, desarrollo experimental, análisis costo/beneficio y finalizó con los resultados, conclusiones y recomendaciones, seguido de los apéndices y anexos.

4.1.3. Alcance

Los estudios descriptivos tienen como objetivo detallar las propiedades, rasgos y perfiles de diversos elementos o fenómenos sujetos a análisis, ya sean individuos, grupos, comunidades, procesos u objetos. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren. (Hernández et al., 2014)

Teniendo en cuenta el concepto del autor citado anteriormente, el alcance de esta investigación fue descriptivo, ya que se realizó el estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibras de agave; es decir se investigó el efecto de las fibras de agave en las propiedades de los bloques de suelo y se describieron las variaciones que estas propiedades tuvieron al aplicarle el adicionante de fibras de agave a través de los ensayos de laboratorio

4.1.4. Diseño

Según Arias (2012), los estudios experimentales tienen el principal propósito de manipular las variables que el investigador ha tomado en consideración para establecer una relación causa - efecto.

El estudio se enmarcó en un diseño experimental con enfoque transversal, porque se analizó el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de la variable dependiente (bloque de suelo) como consecuencia de la manipulación de la variable independiente (Fibra de agave). Se realizó ensayos de laboratorio para conocer la influencia de la fibra de agave en las propiedades físico – mecánicas de la mampostería de adobe con el propósito de observar los resultados de las diferencias generadas por la variable independiente en un tiempo único.

4.2. Métodos y Técnicas del Proyecto

4.2.1. Métodos del Proyecto

La presente investigación se desarrolló de manera consecutiva y ordenada, mediante 5 etapas.

Etapa I: Ensayos in situ para selección del material suelo, mediante las pruebas de cinta de barro y presencia de arcilla o resistencia seca.

Etapa II: Determinación de las propiedades físicas del suelo y la fibra de agave mediante los ensayos de laboratorio, para el suelo (análisis granulométrico por tamizado, límites de atterberg y contenido de humedad) y para la fibra de agave (absorción de la fibra tratada y sin tratar)

Etapa III: Extracción del material suelo y fibra de agave de la provincia de Yungay.

Etapa IV: Elaboración de bloques de adobe tradicionales y los bloques de adobe adicionados con fibra de agave torcido siguiendo los parámetros de la Norma E.080 (tamizado del suelo, dimensiones del bloque de adobe y dosificación de los materiales, mezclado y amasado, encofrado y desencofrado y por último secado y almacenamiento). Asimismo, la construcción de pilas y muretes de los bloques de adobe con y sin refuerzo de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta

Etapa V: Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido (variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la compresión, flexión, resistencia a la compresión axial, módulo de elasticidad “Em”, resistencia a la compresión diagonal y módulo de corte “Gm”)

4.2.1. Técnicas del Proyecto

Técnicas de recolección de datos

Arias (2012), menciona que las técnicas de recolección de datos se refieren a las diversas estrategias o métodos utilizados para obtener información. Asimismo, indica que los instrumentos son herramientas físicas empleadas para recabar y guardar datos (p.46). La principal técnica que utilizará esta investigación será:

La observación directa

La observación es una herramienta que implica la visualización o percepción visual sistemática de cualquier evento, fenómeno o situación que ocurra en el entorno natural o social, con base en objetivos de investigación previamente definidos (p. 69)

En la presente investigación se observó y registró los datos de los distintos ensayos de laboratorios, correspondientes a las propiedades físicas de la muestra del suelo y de la fibra de agave (análisis granulométrico, límites de atterberg, contenido de humedad y absorción a la fibra). Asimismo, a las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido (variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la comprensión y flexión). De la misma manera, se observó y registró los datos de las propiedades mecánicas de las pilas y muretes con y sin adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta (resistencia a la comprensión axial más módulo de elasticidad y resistencia a la comprensión diagonal más módulo de corte)

Técnicas de laboratorio

Las principales técnicas de laboratorio que se desarrollaron en la presente investigación fueron aquellas que llegaron a tener contacto directo e indirecto con las variables de estudio, las cuales ayudaron a llegar al objetivo planteado, siendo las siguientes:

- La recolección de la muestra de suelo se realizó mediante Exploración y Muestreo a Cielo Abierto, asimismo también se realizó la recolección de las fibras de agave a través del corte de las hojas en los sembríos de Yungay.
- Procesamiento de las muestras de suelo y de la fibra de agave previamente etiquetado y embolsado al laboratorio de la Universidad Católica Sedes Sapientiae.
- Determinación de las propiedades de la muestra de suelo y de la fibra de agave a través de los ensayos de laboratorio
- Proporcionamiento de los materiales y dosificación de la mezcla siguiendo los parámetros de la normativa técnica peruana E0.80
- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas a través de los ensayos de laboratorio a los bloques de suelo.
- Recogida de datos y análisis e interpretación de los resultados.

Técnicas de análisis de la información.

Para el análisis e interpretación de resultados obtenidos en el laboratorio se usaron los siguientes programas:

- Paquete estadístico para analizar las variables desde el punto de vista descriptivo.
- Microsoft Excel para el análisis, síntesis estadísticas y para graficar los cuadros de variación de los especímenes con distintas adiciones de fibras de agave.
- S10 para realizar el presupuesto de la elaboración de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido.
- Microsoft Word para la diagramación y elaboración del informe final de investigación.
- Microsoft PowerPoint para realizar las diapositivas y sustentar la investigación realizada.
- SPSS para el análisis estadístico de cada una de las hipótesis planteadas

Instrumentos de investigación.

El instrumento es el recurso que se usó para registrar los datos.

Instrumentos de registros: Son aquellos formatos que permitieron registrar los datos de los ensayos de laboratorio de los especímenes realizados.

- Formato de laboratorio para ensayo de granulometría de agregados según NTP 339.128 (ASTM D422).
- Formato de laboratorio para ensayo de Contenido de Humedad, según la Norma NTP 339.127 (ASTM D2216)
- Formato de laboratorio para ensayo de Limite Liquido y Limite Plástico, según la Norma NTP 339.129 (ASTM D4318).

- Formato de laboratorio para ensayo de Resistencia a la Compresión, según las Normas NTP 399.613 y 339.604.
- Formato de laboratorio para ensayo de Variación Dimensional, según las Normas NTP 399.613 y 399.604.
- Formato de laboratorio para ensayo de Alabeo, según la Norma NTP 399.613.
- Formato de laboratorio para ensayo de Absorción, según las Normas NTP 399.604 y 399.1613.
- Formato de laboratorio para ensayo de Succión, según la Norma NTP 399.613.
- Formato de laboratorio para ensayo de compresión axial, según la Norma NTP 399.613.
- Formato de laboratorio para ensayo de compresión diagonal, según la Norma NTP 399.613.

Instrumentos de medición: está conformada por equipos y herramientas que permitieron medir las propiedades de las variables principales de la presente investigación, los cuales son los siguientes:

Equipos

- Horno regulable a 110°C
- Estufa.
- Máquina para el Ensayo de Resistencia a la Compresión del bloque de suelo
- Máquina para el Ensayo de Compresión axial y diagonal del murete de bloques de suelo
- Copa de Casagrande
- Balanza electrónica de sensibilidad de 0.1 gr y Balanza de precisión

Herramientas

- Taras
- Molde de Madera
- Acanalador,
- Mortero
- Mango
- Tamices
- Recipientes
- Espátulas
- Vernier
- Regla metálica 60 cm Cuña de medición graduada y numerada en divisiones de 1 mm

4.3. Diseño estadístico.

4.3.1 Población

La Norma Técnica Peruana E. 080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, recomienda ensayar 6 especímenes como mínimo para medir los esfuerzos admisibles y resistencia última, el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) será el resultado final, el cual debe ser igual o mayor a la resistencia última. (SENCICO, 2020), tomando en cuenta esta recomendación la población objeto de estudio estuvo conformada por 90 especímenes comprendidos por las unidades de bloques de suelo tradicional y las unidades de bloques de suelo adicionado con fibras de agave torcido

4.3.2. Muestra

Según el autor Hernández et al. (2014), la muestra es, en esencia, un subgrupo de la población. Son subconjuntos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población.

El tamaño de la muestra para los ensayos de variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la comprensión y flexión de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave se muestra en la tabla 5, la resistencia a la comprensión axial de las pilas de bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta se encuentra en la tabla 6 y la resistencia a la comprensión diagonal de los muretes de bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta se muestra en la tabla 7. La muestra investigada estuvo compuesta por 66 especímenes los cuales fueron ensayados a variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la comprensión y flexión, 12 especímenes que fueron ensayados a comprensión axial y 12 especímenes que fueron ensayados a comprensión diagonal, dando un total de 90 especímenes como se indica en la tabla 8.

Tabla 5

Tamaño de la muestra de bloques de suelos con y sin adición de fibra de agave torcido

Descripción	Código	Dimensiones de los bloques (cm)			Tamaño de la muestra(n)
		L	A	E	
Cubos de suelo	C	10	10	10	6
Bloques de suelo patrón	B0	31	20	12	30
Bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido	B1	31	20	12	30
Total					66

Nota. Se ensayaron 6 especímenes por cada ensayo (variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la comprensión y flexión), tanto para los bloques de suelo patrón y los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. Elaboración propia, 2023.

Tabla 6

Tamaño de la muestra de pilas de bloques de suelos con y sin adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta

Código Testigo	Descripción	Largo(cm)	Ancho(cm)	Espesor(cm)	n
P0	Pilas de bloques de suelo sin adición	79.5	31	20	6
P1	Pilas de bloques de suelo adicionados con fibra de agave	79.5	31	20	6
Tamaño de la muestra					12

Nota. Cada pila estuvo conformada por 6 unidades de bloques de suelo, tanto para las pilas con bloques de suelo patrón y las pilas con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y doble refuerzo horizontal en cada junta. Elaboración propia, 2023.

Tabla 7

Tamaño de la muestra de muretes de bloques de suelos con y sin adición de fibra de agave torcido y doble refuerzo horizontal en cada junta

Código Testigo	Descripción	Largo(cm)	Ancho(cm)	Espesor(cm)	n
M0	Muretes de bloques de suelo sin adición	79.5	80.5	20	6
M1	Muretes de bloques de suelo adicionados con fibra de agave	79.5	80.5	20	6
Tamaño de la muestra					12

Nota. Cada murete estuvo conformado por 6 hiladas de bloques de suelo, cada hilada estuvo compuesta por 2 unidades enteras y una unidad media, siendo un total de 12 especímenes enteros y 6 especímenes medios por cada murete.

Tabla 8

Tamaño de las muestras investigadas

Muestra	Descripción	Ensayos	Tamaño de la muestra
n1	Bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave	(variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la compresión y flexión)	66
n2	Pilas de bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave	Resistencia a la compresión axial	12
n3	Muretes de bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave	Resistencia a la compresión diagonal	12
Tamaño de la muestra			90

Nota. El tamaño de la muestra total estuvo conformada por las unidades de bloques de suelo, pilas y muretes.

4.2.3 Muestreo

Según el autor Arias (2006), define muestreo como un "proceso en el que se conoce la probabilidad que tiene cada elemento de integrar la muestra". (p.83)

La Muestra no probabilística o dirigida es un subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación. (Sampieri, 2014). En este estudio, se optó por un enfoque de muestreo no probabilístico, donde la muestra fue seleccionada de manera no aleatoria, sino siguiendo las pautas establecidas por la Norma E.080, y esto se debe a que la población y la muestra tienen el mismo valor numérico la cual plantea que como mínimo debe ensayarse 6 unidades para medir los esfuerzos admisibles y resistencia última, siendo el resultado el promedio de los 4 especímenes mejores.

La Normativa Técnica Peruana E.070 Albañilería, indica que para cada grupo de hasta 50 mil unidades, se elegirá aleatoriamente una muestra de 10 unidades, las cuales serán sometidas a pruebas para evaluar la variación de dimensiones y el alabeo. Cinco de estas unidades se ensayarán a compresión y las otras cinco a absorción (SENCICO, 2020). La Normativa 399.613 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería, indica que, para la determinación del módulo de rotura, la resistencia a la compresión, la resistencia a la abrasión y la absorción, se ensayarán como mínimo 10 unidades representativas de un lote de 1 000 000 o menos ladrillos. (INACAL, 2017).

4.4. Técnicas y Herramientas Estadísticas

4.4.1 Técnicas estadísticas.

T de Student para muestras relacionadas

Real et al. (2022), para variables de resultados cuantitativos (con distribución normal) y tipo de muestra relacionada, para demostrar diferencias entre dos grupos se utiliza la T de Student para muestras relacionadas.

(...) El análisis de la prueba T de Student para muestras relacionadas se aplica cuando hay una relación o asociación entre dos muestras, es decir, cuando una variable es evaluada en una misma muestra en dos momentos distintos (p. 31)

Nivel de Confianza

Para Marco (2021) el nivel de confianza representa la probabilidad más alta con la que podemos afirmar que el parámetro que estamos estimando se encuentra dentro del intervalo que hemos calculado. Se define como 1-alfa, siendo sus valores 90 %, 95 % y 99 %. En la presente investigación se trabajará con un nivel de confianza de 95 %

Nivel de Significancia

“El nivel de significancia es un valor de certeza que el investigador fija a priori, respecto a no equivocarse”. (Hernández et al.,2006, p.309).

En esta investigación se usará un nivel de significancia de 0.05, en el cual se tiene 95% de seguridad para generalizar sin equivocarse y sólo 5% en contra.

Grados de Libertad

Vogt (1999), citado por Hernández et al. (2006) señala que los grados de libertad indican cuántos casos fueron usados para calcular un valor estadístico en particular (p. 320)

$$\text{Grado de libertad} = n - 1$$

Media Poblacional

La media poblacional se refiere a la media aritmética de todos los elementos que conforman una población. Se representa comúnmente con la letra griega " μ ".

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N}$$

Media Muestral

La media aritmética es el resultado de la sumatorio de todos los datos, divididos entre el número total de datos

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

Varianza

“La varianza se define como la media aritmética de los cuadrados de las diferencias de los datos con respecto a su media aritmética”. (Cordova, 2003, p. 65)

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^N (\mu - X_i)^2}{N}$$

Desviación Estándar

“La desviación estándar es la raíz cuadrada positiva de la varianza”. (Cordova, 2003, p. 66)

$$S = \sqrt{(\sigma)}$$

Valor Crítico - Student Crítica (Tc)

El valor crítico para $n \leq 30$ se encuentran a través de la tabla de distribución normal estándar (t - Student), a partir de los grados de libertad y nivel de significación.

Varianza común

$$\hat{S}_c^2 = \frac{(n_1-1)*\hat{S}_1^2 + (n_2-1)*\hat{S}_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}$$

Valor de Prueba- Student Prueba (Tp)

$$t_p = \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}$$

$$t_p = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{\frac{\hat{S}_c^2}{n_1} + \frac{\hat{S}_c^2}{n_2}}}$$

4.4.2. Herramientas Estadísticas.

Esta investigación se apoyo en el Software estadístico SPSS para el procesamiento de datos.

SPSS

Este software proporciona un entorno de modelado visual eficiente y versátil, capaz de manejar desde tareas simples hasta las más complejas. Permite a los usuarios construir modelos de forma interactiva y modificarlos fácilmente, empleando métodos analíticos sólidos y reconocidos. Ofrece una amplia variedad de herramientas estadísticas para optimizar el uso de los datos (Quezada, 2014, p. 15)

CAPÍTULO V: DESARROLLO EXPERIMENTAL

5.1. Trabajo de campo y Ensayos.

5.1.1. Trabajo de campo

Extracción de la muestra de suelo

La muestra de tierra fue extraída de la cantera del distrito de Matacoto, la remoción del suelo se realizó con ayuda de maquinaria. Luego se colocó la muestra en un costal de rafia cómo se puede observar en la figura 18. La cantera se encuentra ubicada geográficamente en las siguientes coordenadas UTM.

- Zona: 18 L
- Coordenadas Norte: 8985345.00 m
- Coordenadas Este: 197326.00 m
- Altitud: 2 475,50 msnm

Figura 18

Extracción y colocación de la muestra de suelo en un costal de rafia.

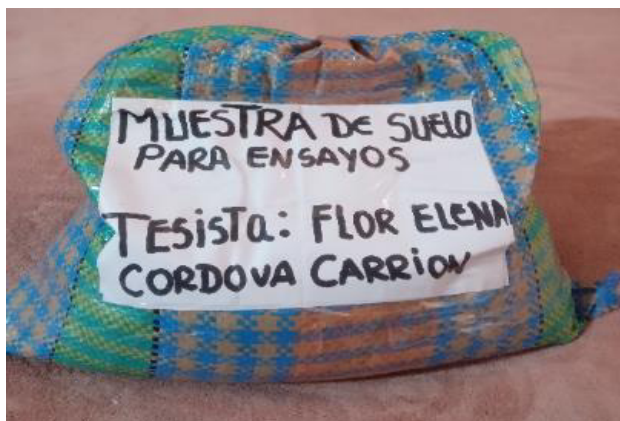


Nota. Lugar de estudio (cantera Matacoto), extracción de la muestra de suelo. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se colocó en una bolsa, con su respectivo identificador para luego ser llevado al laboratorio para que le realicen los ensayos correspondientes, ver figura 19.

Figura 19

Identificación de la muestra de suelo



Nota. Muestra de suelo para los ensayos de clasificación. Archivo fotográfico propio, 2023

Extracción de la muestra de la Penca de Agave

La muestra de agave fue extraída de la localidad de Paraíso – perteneciente a la Provincia de Lamas – Región San Martín. Esta actividad se realizó con la ayuda de 2 familiares, a quienes se les capacitó sobre la investigación presente. Se utilizó dos machetes afilados de 20 pulgadas, guantes, polo manga larga, mascarillas y botas de jebe. El corte se realizó de manera uniforme y liso, lo más posible al tallo de la planta, cabe recalcar que se cortaron solamente las hojas maduras de la planta, ya que, al cortar demasiadas hojas, la planta pierde su vigor. En total se cortaron 100 hojas de agave, las cuales se despuntaron y se colocaron en un plástico amarillo como se observa en la figura 20, para facilitar el contado de estas mismas se colocaron en dos grupos de 50 pencas cada uno. Acto seguido se realizó la medición del ancho y largo de 10 pencas como se muestra en la figura 21, dando como

resultado que el ancho y largo promedio es de 7 y 190 cm. El desfibrado de las 100 pencas se realizó en la misma zona de extracción, con la finalidad de evitar el carguío y ganar tiempo

Figura 20

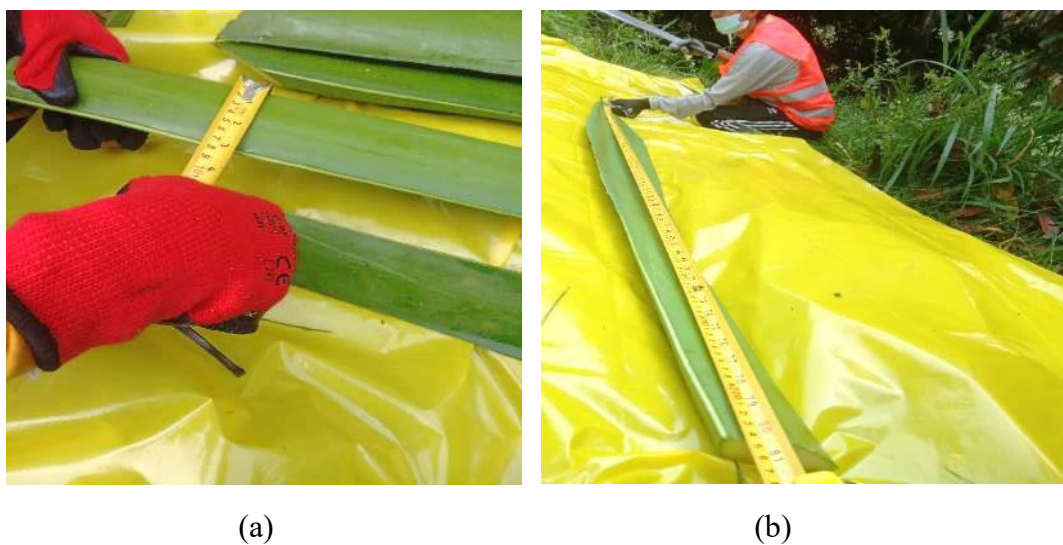
Corte, despuntado y colocación del penco de agave en un plástico



Nota. a) Corte del penco de agave y retiro de espinas con ayuda de 2 machetes. b) Pencas cortadas y colocadas en un plástico color amarillo, dando un total de 100 pencas de agave. Archivo fotográfico propio, 2023. Archivo fotográfico propio, 2023

Figura 21

Medición del ancho y largo del penco de



Nota. a) Medición del ancho del penco del agave con ayuda del flexómetro y b) medición del largo del penco del agave. Archivo fotográfico propio, 2023.

5.1.1.3. Pruebas in situ del material suelo

Prueba de cinta de barro

Para conocer si la muestra de suelo del lugar escogido contiene arcilla, la normativa E.080 recomienda realizar la prueba “Cinta de barro” (en un tiempo aproximado de 10 minutos), para ello se toma una muestra de suelo en un recipiente y se le agrega agua hasta formar una mezcla consistente de barro que permita hacer un cilindro de 12 mm de diámetro y una longitud inicial aproximada de 5 cm, como se aprecia en la figura 22.

Figura 22

Formación de cilindros de barro de 12 mm de espesor y 5 cm de largo.



Nota. Realización de la prueba in situ (Cinta de barro). Archivo fotográfico propio, 2023.

Luego se comenzó a aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y dejándola descolgar lo más que se pueda. Si la cinta alcanza entre 20 cm y 25 cm de longitud, el suelo es muy arcilloso. Si se corta a los 10 cm o menos, el suelo tiene poco contenido de arcilla. En esta investigación, la cinta alcanzo una longitud de 13 cm, siendo un indicador que la muestra de suelo contiene una buena cantidad de arcilla. Véase en la figura 23.

Figura 23

Cintas de barro de 4 mm de espesor



Nota. Realización de la prueba in situ (Cinta de barro). Archivo fotográfico propio, 2023.

Presencia de arcilla o Resistencia Seca

La prueba de "Presencia de arcilla" o "Resistencia seca" implica la creación de cuatro esferas utilizando la tierra específica del área de interés para la producción de los bloques de

suelo. Estas esferas se formarán con las manos y una cantidad mínima de agua necesaria para su mezcla adecuada, tal como se muestra en la figura 24.

Figura 24

Moldeo de las esferas con las palmas de las manos



(a)

(b)

Nota. a) Moldeo de la esfera y b) esfera terminada. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después de su elaboración, se dejaron secar las esferas durante 48 horas, asegurándose de protegerlas de la humedad causada por la lluvia, derrames de agua u otros factores externos. Una vez transcurrido este período de secado, se aplicó una presión firme a las cuatro esferas utilizando los dedos índice y pulgar, como se ilustra en la figura 25. Este ensayo reveló que ninguna de las esferas se fracturó al ser presionada, lo que sugiere una "buena resistencia en seco", indicativa de una presencia adecuada de arcilla.

Figura 25

Secado y presión de las esferas



(a)

(b)

Nota. a) Cinco unidades de esferas de barro, tener en consideración que al momento del secado este protegido por la intemperie y b) Esferas de barro secas presionadas fuertemente con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano Archivo fotográfico propio, 2023.

Extracción y elaboración de la fibra de agave

Extracción de la fibra de agave

Una vez que se cortaron las 100 pencas de agave, se comenzó a partir manualmente cada penca en 10 partes pequeñas como se muestra en la figura 26, para su posterior desfibrado.

Figura 26

Deshilachado de cada penca en 10 partes



Nota. Con ayuda de guantes se partió manualmente cada penca en 10 partes delgadas, obteniendo un total de 1000 pencas delgadas. Archivo fotográfico propio, 2023.

Para sacar la fibra del penco de agave se usó el método manual, conocido como el método de la pita, el cual consiste en cortar un metro de pita rafia, luego amarrarlo en un árbol sembrado envolviéndolo al hilo en dos partes, después se dobla la pita rafia en forma del número 8 echado en forma horizontal, para luego doblarlo en un solo. En la figura 27, se muestra de manera clara el método explicado en las líneas anteriores.

Figura 27

Método de la pita rafia para la extracción de la fibra



(a) (b) (c)

Nota. a) Amarrar la pita rafia en el tronco de un árbol; b) Doblar la rafia en forma de un 8 echado; y, c) Juntar el 8 armado en un solo. Archivo fotográfico propio, 2023.

Luego pasamos la mitad de la penca delgada de agave por la pita rafia y la ajustamos para luego jalar con fuerza y retirar toda la corteza como se observa en la figura 28.

Figura 28

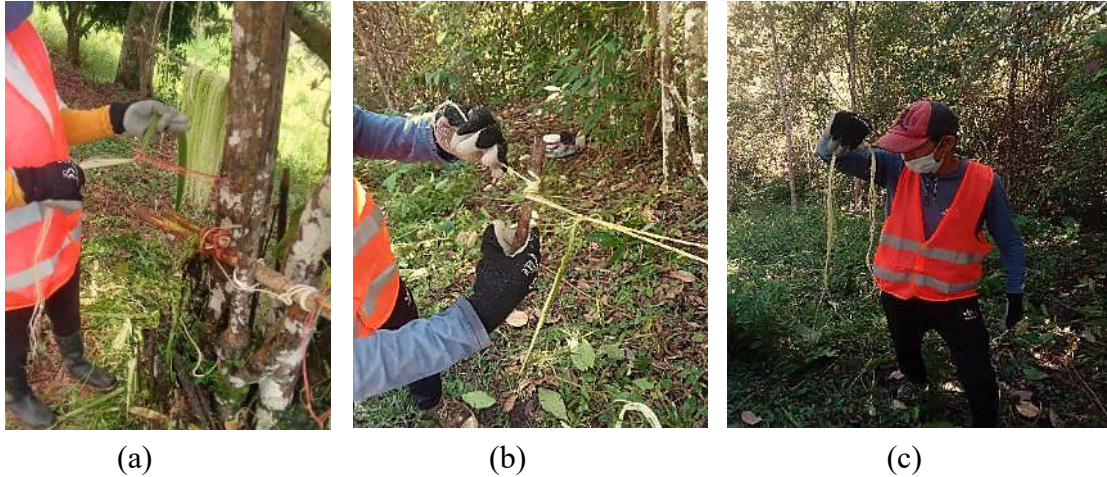
Extracción de la fibra de agave



(a) (b) (c)

Nota. a) Introducir la mitad de la penca delgada por el agujero de la pita rafia; b) Ajustar con la misma pita rafia; y, c) Jalar con fuerza hasta retirar toda la corteza. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después repetimos el mismo procedimiento con la mitad de la penca sobrante, la fibra ya sacada la envolvemos en una madera delgada de 25 cm de largo y volvemos a jalar con fuerza como se puede observar en la figura 29.

Figura 29*Extracción de la fibra de agave*

Nota. a) Introducir la mitad de la penca sobrante en el agujero de la pita rafia; b) envolver en una madera delgada la fibra sacada anteriormente; y, c) Jalar con fuerza, para retirar toda la corteza y quedar solamente con la fibra. Archivo fotográfico propio, 2023.

Luego colocamos cada fibra sacada en un cordel de manera ordenada con el fin de que no se enrede, como se muestra en la figura 30.

Figura 30*Colocación de cada fibra sacada en un cordel*

Nota. Fibra recién sacada, colocada en cordel de manera ordenada. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se lava la fibra con bastante agua para eliminar la miel y evitar que le salgan puntos negros, luego se llevó a secar a la secadora por 48 horas como se muestra en la figura 31.

Figura 31

Lavado y secado de la fibra de agave



(a)



(b)

Nota. a) Lavado de la fibra de agave en la quebrada y b) secado por 48 h en la secadora. Archivo fotográfico propio, 2023.

Elaboración de las fibras de agave torcido

Una vez secada la fibra de agave, se procedió a torcerlas. Para los bloques enteros de (31 x 20 x 12 cm) se torcieron 312 Und de 100 cm de largo y 156 Und de 20 cm de largo, para los bloques medios de (15.5 x 20 x 12 cm) se torcieron 72 Und de 80 cm de largo y 36 Und de 20 cm de largo. Las cuáles serán colocadas de manera diagonal al lado más grande de la unidad y con una unión perpendicular en la intersección de las diagonales, asimismo, para colocar esta misma fibra como alternativa de refuerzo horizontal doble en cada junta del mortero del muro se torcieron 60 Und de tamaño de 50 cm para el caso de prismas y 60 Und de tamaño de 100

cm para los muretes. Todas las fibras torcidas se realizaron del espesor de 0.25 cm. Cabe mencionar que para llegar al espesor de 0.25 cm se necesitó 70 filamentos aproximadamente. En total se torcieron 696 pitas o cuerdas, ver figura 32.

Figura 32

Torcedura de la fibra de agave



Nota. Torcido de la fibra de agave de diferentes tamaños (20, 50, 80 y 100 cm), todas del mismo espesor de 0.25 cm. Archivo fotográfico propio, 2023.

Tratamiento de la fibra de agave torcido

Para realizar este tratamiento se siguió el procedimiento de los autores (Fiore et al; 2015, p.151). El cual consiste en sumergir las fibras de agave en una mezcla de agua y bicarbonato de sodio en un 10 % p/p por un tiempo de 120 h, en total se usaron 25 litros de agua y 2.5 kg de bicarbonato de sodio para sumergir todas las fibras de agave. Para realizar la mezcla se usó dos recipientes rectangulares, en uno de ellos se realizó la mezcla de 10 litros de agua y 1 kg de bicarbonato de sodio, en donde se sumergió las fibras torcidas más pequeñas y en el otro recipiente se realizó la mezcla de 15 litros de agua y 1.5 kg de bicarbonato de sodio, en donde se sumergió las fibras torcidas más largas, como se observa en las figuras 33 y 34.

Figura 33*Colocación del Bicarbonato de sodio al agua*

(a)

(b)

Nota. a) Colocación del bicarbonato de sodio en el agua y b) Remoción con ayuda de un cucharón de aluminio sin uso hasta disolver por completo el bicarbonato en el agua.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 34*Colocación de las fibras torcidos dentro de la mezcla*

(a)

(b)

Nota. (a) Sumersión de las fibras de agave torcido en la mezcla preparada y (b) Tapado de los recipientes.

Archivo fotográfico propio, 2023.

El primer cambio que se notó al momento de sumergir las fibras torcidos en la mezcla preparada mencionada anteriormente, fue el cambio de color, pasando de un color blanco a un color amarillento. Se tapo los dos recipientes que contienen las mezclas y se los puso en un ambiente fresco y seco por 120 h. Una vez que cumplido el tiempo de tratamiento, se las retiró con ayuda de guantes quirúrgicos y se procedió a enjuagarlas con bastante agua, hasta retirar completamente las sales del bicarbonato de sodio y después de las llevo a la secadora por 48 h. Vease en la figura 35. Finalmente se las recogió y almaceno en un ambiente fresco y seco.

Figura 35

Retiro, lavado y secado de las fibras torcidos después del tratamiento.



(a)

(b)

(c)

Nota. a) Después de las 120 h de tratamiento se notó cambios en el color del agua y la fibra torcido, tornándose amarillentos; b) Lavado de la fibra de agave en la quebrada; y, c) secado por 48 h en la secadora. Archivo fotográfico propio, 2023.

Elaboración de los bloques tradicionales

La elaboración de los bloques de suelos tradicionales se realizó en el centro poblado de Huarascucho del distrito de Yungay. Se dispuso de herramientas y materiales, las cuales se detallan a continuación. Ver tabla 9.

Tabla 9

Herramientas y materiales utilizados en la fabricación de bloques de suelo tradicionales

Herramientas y Materiales	Características
Herramientas	
Zaranda de malla de 3/8"	
Moldes de madera	3 moldes de madera de medidas internas de (31 x 20 x 12 cm), (15.5 x 20 x 12 cm) y (10 x 10x 10 cm)
Regla de madera	De 50 cm de largo y de 5 cm de ancho
Herramientas varias	Palana, pico, estacas de madera, espátula, badilejo, baldes, wincha
Materiales	
Tierra	Tamizada en malla de 3/8" y libre de impurezas
Paja	De trigo cortada en tiras de 5 cm
Agua	Potable
Arena fina	Limpia, seca y sin contenido de sal.

Nota. Características de cada una de las herramientas y materiales utilizadas en la elaboración de los bloques de suelo tradicionales. Elaboración propia, 2023.

Las cantidades de materiales que se usó para la fabricación de los adobes tradicionales, se muestra en la tabla 10.

Tabla 10

Dosificación de la cantidad de materiales a usar.

	Cantidad (Und)	Dosificación de Materiales			
		Tierra (m ³)	Paja (m ³)	Agua (m ³)	
Especimen	Cubos de 0.10 m de arista	6	0.0084	0.0017	0.0008
	Bloques enteros de 31x20x12 cm	132	1.021	0.2042	0.1021
	Bloques medios de 15.5x20 12cm	36	0.1393	0.0279	0.0139

Nota. La dosificación presentada en la tabla anterior en m³ es para el total de los especímenes según su metrado por unidad. Elaboración propia, 2022.

Antes de elaborar los bloques de suelos, el primer paso fue la preparación y habilitación del lugar donde posteriormente serán colocados los adobes. Se busco un lugar plano y libre de impurezas (basura, plásticos y piedras) que se puedan pegar a la mezcla, como se aprecia en la figura 36.

Figura 36

Preparación de un espacio plano y seco



Nota. Riego de agua con ayuda de una manguera, para asentar el polvo y poder nivelar el terreno. Archivo fotográfico propio, 2023.

Para evitar que el sol raje o fisure los adobes por una evaporación rápida, se habilito dos carpas para los primeros 5 días, una para colocar los adobes patrón y la otra para los adobes adicionales con fibra de agave torcido. Seguidamente se colocó en todo el perímetro del terreno preparado, una capa de arena fina como se observa en la figura 37, con la finalidad que, al momento de preparar el adobe, el suelo del terreno no pegue con la mezcla.

Figura 37

Habilitación de carpas y colocación de arena fina al terreno



Nota. Colocación de arena fina al terreno preparado. Archivo fotográfico propio, 2023.

Luego se comenzó a zarandear la tierra, con ayuda de una zaranda de 3/8” con el fin de eliminar material orgánico y piedras, como se aprecia en la figura 38.

Figura 38

Zarandeado de la tierra



Nota. Zarandeado de la tierra con ayuda de una zaranda N.º 3/8”. Archivo fotográfico propio, 2023.

Una vez que se terminó de zarandear toda la tierra, se la acomodó en rumas para poder agregarle agua hasta que se forme el barro con el que se fabricarán los adobes, luego se dejó reposar por 48 h. Para evitar que la lluvia o algún otro factor ponga en peligro el barro, este mismo se tapó con un plástico color azul, como se observa en la figura 39.

Figura 39

Colocación de agua a la ruma de tierra



(a)

(b)

Nota. a) Ruma de tierra con agua y b) Tapado del barro con un plástico y presionado con piedras para evitar que el viento los destape. Archivo fotográfico propio, 2023.

Seguidamente se comenzó a cortar la paja de trigo y cebada en tiras de 5 cm, se usó 0,2815 m³ de paja de trigo y 0,2825 m³ de paja de cebada. En primer lugar, se tendió un plástico color amarillo encima de la tierra, con el fin que la paja no haga contacto con el suelo, luego se colocó una madera de 50 cm de largo y 10 cm de espesor y con ayuda de un machete de 10 pulgadas se comenzó a cortar la paja manojo por manojo. Ver figura 40.

Figura 40

Cortado de la paja de trigo y cebada en tiras de 5 cm



Nota. Paja de trigo y cebada cortada en trozos de 5 cm, con ayuda de un machete de 10 pulgadas. Archivo fotográfico propio, 2023.

Acto seguido se comenzó a preparar la mezcla de barro dormido con paja cortada en tiras de 5 cm de largo, este proceso se realizó teniendo en cuenta la proporción de 1:5 de paja y tierra. Para llevar a cabo esta actividad se hizo uso de una palana para mover el barro de un lado para otro y los pies para batir el barro y lograr una buena adherencia. Ver figura 41.

Figura 41

Colocación de tiras de paja y pisado



(a)



(b)

Nota. a) Colocación de tiras de paja de 5 cm de largo y b) Pisado con los pies. Archivo fotográfico propio, 2023.

A continuación, se remojo la gavera dentro de un balde con agua potable como se observa en la figura 42, luego se esparció arena fina a su interior, con la finalidad que el barro no se peque a los costados.

Figura 42

Humedecimiento de la gavera



Nota. Remojo y eliminación del barro pegado en los costados internos de la gavera. Archivo fotográfico propio, 2023.

Luego se colocó la gavera en el piso del tendal preparado y se lanzó con fuerza porciones de barro al interior de la adobera hasta llenarla, quedando el barro al ras de la adobera; para después compactarlo con la ayuda de las manos por el centro y las esquinas de la gavera. A continuación, se emparejo con una regla de madera mojada y se comenzó a retirar la adobera, levantando de ambas agarraderas teniendo en cuenta que no se deforme el adobe.

(Ver figuras 43, 44, 45 y 46)

Figura 43

Porción de barro lanzada a la adobera



Nota. Bolas de barro lanzadas con fuerza al interior de la gavera. Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 44

Compactado del barro con las manos



Nota. Compactación del barro con las manos por el centro y las esquinas de la adobera.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 45*Emparejado del adobe*

Nota. Emparejado del barro con ayuda de una regla de madera. Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 46*Retiro de la adobera*

Nota. Retiro del molde, levantándolo de ambas agarraderas. Archivo fotográfico propio, 2023.

Una vez terminado de elaborar todos los bloques de suelo patrón, se comenzó a rociar una capa delgada de arena fina encima de los adobes, para que luego inicie el proceso de secado como se aprecia en la figura 47.

Figura 47

Roció de arena fina y secado de los adobes



(a)

(b)

Nota. a) Colocación de una capa delgada de arena fina y b) Inicio del secado de los adobes. Archivo fotográfico propio, 2023.

Al cabo de 10 días se procedió a voltear los adobes de canto, para que se sequen uniformemente como se aprecia en la figura 48. Cabe mencionar que los bloques de suelo patrón no presentaron fisuramiento por contracción de secado, esto se debe a que se le agregó arena gruesa a la mezcla y asimismo se los protegió del sol los primeros 5 días de elaborados, mediante la habilitación de carpas.

Figura 48

Adobes colocados de canto



Nota. Adobes tradicionales colocados de costado. Archivo fotográfico propio, 2023.

Elaboración de los bloques con refuerzo de fibra de agave torcido

Para la elaboración de los bloques de suelos con refuerzo de fibra de agave, se dispuso de las siguientes herramientas y materiales, las cuales se detallan a continuación. Ver tabla 11.

Tabla 11

Herramientas y materiales utilizados en la fabricación de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido

Herramientas y Materiales	Características
Herramientas	
Malla cuadrada galvanizada de 3/8"	
Moldes de madera	2 moldes de madera con agujeros, de medidas internas de (31 x 20 x 12 cm) y (15.5 x 20 x 12 cm)
Regla de madera	De 50 cm de largo y de 5 cm de ancho
Herramientas varias	Palana, pico, estacas de madera, espátula, badilejo, baldes, wincha
Materiales	
Tierra	Tamizada en malla de 3/8" y libre de impurezas
Paja	Paja de trigo cortada en tiras de 5 cm
Agua	Potable
Arena fina	Limpia, seca y sin contenido de sal.
Fibra de agave	Fibras torcidos, previamente tratadas con bicarbonato de sodio

Nota. Características de cada una de las herramientas y materiales utilizadas en la elaboración de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave. Elaboración propia, 2023.

Las cantidades de materiales que se usó para la fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave, se muestra en la tabla N.º 12.

Tabla 12

Dosificación de la cantidad de materiales a usar

	Cantidad (und)	Dosificación de Materiales				
		Tierra (m ³)	Paja (m ³)	Agua (m ³)	Pencas de agave (und)	
Especimen	Bloques enteros de 31x20x12 cm	132	1.021	0.2042	0.1021	88
	Bloques medios de 15.5x20 12cm	36	0.1393	0.0279	0.0139	12

Nota. La dosificación presentada en la tabla anterior en m³ es para el total de los especímenes según su metrado por unidad. Elaboración propia, 2022.

Se procedió a pasar las fibras de agave torcido por los agujeros de la adobera de forma diagonal, luego se amarro bien las puntas sobrantes salientes haciéndoles un nudo y teniendo en cuenta que queden bien firmes. Para que las fibras no se aflojen al momento de colocar y presionar el barro, se colocó en cada amarre una estaca de madera de 5 cm, con la finalidad que presione el nudo y las fibras queden bien estiradas. Ver figura 49.

Figura 49

Colocación de fibras de agave torcido al molde



(a)

(b)

(c)

Nota. a) Colocación de las fibras de agave torcido por los agujeros de manera diagonal; b) amare con fuerza de las puntas salientes de fibra; y, c) colocación de estacas en cada amarre para que las fibras queden bien firmes. Archivo fotográfico propio, 2023.

Luego se amarro la fibra de agave torcido de manera perpendicular, mediante un nudo en cada una de las intersecciones de las fibras diagonales, como se observa en la figura 50. La fibra colocada al interior de la unidad entera tiene un peso de 4,5426 gr y la fibra colocada al interior de la unidad media tienen un peso de 3,6730 gr. El peso promedio de la unidad entera es 1224,03 gr, siendo el porcentaje de adición de fibra de agave torcido con respecto al peso seco de la unidad entera de 0,30 %

Figura 50

Colocación de la fibra transversal



(a)

(b)

Nota. a) Amarre de la fibra de manera perpendicular y b) Acabado final de la colocación de las 4 cuerdas en forma diagonal y 1 cuerda en forma perpendicular. Archivo fotográfico propio, 2023.

Seguidamente se humedeció la gavera dentro de un balde de agua potable y acto seguido de roció arena fina a sus costados interiores, para evitar que la mezcla de barro se pegue. Ver figura 51.

Figura 51

Gavera humedecida y roseado de arena fina a sus costados



(a)

(b)

Nota. a) Gavera humedecida en agua potable y b) Roseado de arena fina a los costados interiores del molde. Archivo fotográfico propio, 2023.

A continuación, se colocó el molde encima del terreno preparado y se introdujo porciones de barro al interior de la adobera en tres capas hasta llenarla, cada capa se compactaba bien con la ayuda de las manos por el centro y las esquinas de la gavera con la finalidad que no queden vacíos. A continuación, se emparejo con una regla de madera mojada, y se cortó los amarres de cada esquina de la adobera, para luego comenzar a retirar la adobera, levantando de ambas agarraderas teniendo en cuenta que no se deforme el adobe recién hecho. (Ver figuras 52, 53, 54, 55 y 56)

Figura 52

Colocación del barro dentro de la adobera



Nota. Colocación de la primera capa de barro y compactándolo con las manos. Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 53

Emparejado del barro



Nota. Emparejado del barro con una regla de madera. Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 54

Corte de los amarres de ambas esquinas de la adobera



(a)



(b)

Nota. a) Corte del amare de la esquina izquierda de la gavera con ayuda de un machete y b) Corte de la cuerda de la derecha de la adobera. Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 55

Levantamiento de la adobera



Nota. Desmolde del adobe recién elaborado. Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 56

Colocación de arena fina a los adobes recién hechos y proceso de secado



(a)



(b)

Nota. (a) Capa delgada de arena fina a los adobes y (b) Inicio del proceso de secado.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Después de pasar 10 días de haber fabricado los adobes, se procedió a colocarlos de canto, para que se sequen de manera uniforme como se observa en la figura 57. Pasados 10 días más después del voltearlos se los apilo. Cabe mencionar que los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido no presentaron fisuramiento por contracción de secado.

Figura 57

Colocación de canto a los adobes



Nota. Colocación de los adobes de costado para su mejor secado. Archivo fotográfico propio, 2023.

Elaboración de pilas de bloques de adobe con y sin refuerzo de fibra de agave torcido

El asentado de pilas con y sin adiconante de fibra de agave torcido y con refuerzo doble en cada junta horizontal se realizó en el laboratorio de GECONTROL PERU Y SERVICIOS - Los Olivos. Se construyeron en total 12 pilas, cada una estuvo conformada por 6 bloques de suelo, capas de mortero, refuerzo doble en la junta según el tipo y una capa de refrentado en la parte superior e inferior. Las dimensiones nominales de las pilas fueron las siguientes: 795 mm de alto, 310 mm de ancho y 200 mm de espesor. Para el asentado de estas mismas, se necesitó un operario y un peón.

Las herramientas y materiales utilizados para su respectivo asentado se muestran en la tabla 13.

Tabla 13

Asentado de las pilas de bloques de adobe con y sin refuerzo de fibra de agave torcido

Herramientas y Materiales	Características
Herramientas	
Martillo de goma	Con mango de madera
Plomada de bronce	
Nivel manual de burbuja	
Regla de madera	De 1.00 m de largo y de 5 cm de ancho
Herramientas varias	Palana, pico, espátula, badilejo, baldes y wincha
Materiales	
Bloques de suelo	36 bloques de suelo tradicionales y 36 bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido
Mortero	Mezcla preparada con su respectiva dosificación
Madera	12 maderas de eucalipto de 50 cm de largo, 25 cm de ancho y de 1" de espesor
Listones	24 listones de madera Eucalipto de 30 x 5 x 5 cm (Largo, ancho y espesor)
Fibra de agave	Fibras torcidos de largo de 50 cm, previamente tratadas con bicarbonato de sodio
Carretillas	De carga manual
Escobilla	De plástico

Nota. Características de cada una de las herramientas y materiales utilizadas en la elaboración de las pilas de bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido.

Elaboración propia, 2023.

Las cantidades de materiales que se usó para la elaboración del mortero, teniendo en cuenta la dosificación de 1: 1.5 de paja y tierra, se muestra en la tabla 14.

Tabla 14

Dosificación de la cantidad de materiales a usar

Especimen	Cantidad (und)	Dosificación de Materiales			
		Tierra (m ³)	Paja (m ³)	Agua (m ³)	Fibra torcido de 50 cm de largo (und)
Pilas de bloques de suelo de (79.5 x 31 x 20 cm)	12	0.035	0.023	0.0035	60

Nota. La dosificación presentada en la tabla anterior en m³ es para el total de los especímenes según su metrado por unidad. Elaboración propia, 2022.

El primer paso, fue la preparación del mortero, se humedeció la tierra con agua dentro de una carretilla por 48 horas, luego se agregó la paja y se comenzó a amasar utilizando un pico y las manos hasta lograr una mezcla homogénea, como se observa en la Fig. 58.

Figura 58

Preparación del mortero



Nota. Mezclado del barro y la paja con ayuda de un pico y las manos. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se comenzó a escoger los bloques de suelo que no presenten fracturas, grietas u otros defectos similares que degraden su durabilidad o resistencia, luego se procedió a limpiarlos con ayuda de una escobilla para eliminar los residuos de arenas y polvo, evitando la reducción de adherencia de unidad-mortero. Acto seguido se humedeció las maderas de eucalipto y las herramientas. Asimismo, se introdujeron las unidades dentro de un balde con agua durante por 20 segundos, antes de empezar el asentado, ver Fig.59.

Figura 59

Remojo del bloque de suelo por 20 segundos



Nota. Bloque de suelo sumergido dentro del agua por 20 segundos, tiempo controlado mediante cronometro. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se asentó la unidad en la base de madera y se le rayó la cara superior con ayuda de una espátula, para lograr una buena adherencia entre cara superior de la unidad y la capa de mortero, ver figura 60.

Figura 60

Rayado de la cara superior e inferior de la unidad



Nota. Se recomienda rayarlo para mejorar la adherencia en unidad-mortero. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se le colocó su respectiva capa de mortero y se fueron asentando los bloques uno sobre otro, comprobando la verticalidad y horizontalidad de la pila en cada hilera con ayuda de una regla de madera, plomada y nivel manual de burbuja. Finalmente se verificaron las dimensiones de las pilas con un flexómetro, ver Fig. 61.

Figura 61

Asentado de pilas



Nota. (Izquierda) asentado de las unidades, (Derecha) Control de la verticalidad. Archivo fotográfico propio, 2023.

Para las pilas con bloques reforzados con fibra de agave torcido y con refuerzo doble horizontal en cada se junta se usó el mismo procedimiento, con excepción que en cada junta se colocó las cuerdas de agave torcido a modo de refuerzo horizontal doble en cada junta a una distancia de 5 cm de cada esquina de la unidad. Para ello, se comienza colocando una capa delgada de mortero encima de la unidad, luego se coloca la fibra torcido de forma horizontal, paralela al lado más grande del adobe y seguidamente se coloca la otra capa delgada de mortero, se siguió este procedimiento con la finalidad que el refuerzo horizontal se situó en medio de la capa de mortero, luego se coloca la unidad encima de la capa de mortero y se continua con el mismo procedimiento, ver Fig. 62. Es importante mencionar que la colocación de las cuerdas a modo de refuerzo en cada hilada del prisma fue muy fácil y sencillo de hacerlo, solo hay que tener control que esta se coloque de manera adecuada y en cada hilada correspondiente.

Figura 62

Asentado y colocación del refuerzo doble en cada junta.



Nota. Colocación del refuerzo doble en cada junta horizontal, a una distancia de 5 cm de cada esquina del espécimen. Archivo fotográfico propio, 2023.

Una vez asentados los 12 prismas, se dejó secar por 28 días en un ambiente fresco y seco, para luego realizarle los ensayos correspondientes, ver Fig. 63.

Figura 63

Proceso de secado de las pilas



(a)



(b)

Nota. (a) Pilas con bloques de suelo patrón, (b) Pilas con bloques de suelo adicionados de fibra de agave torcido y con doble refuerzo en las juntas horizontales. Se recomienda no mover los prismas después de su fabricación y ensayarlos a los 28 días, contando desde el día de asentado. Archivo fotográfico propio, 2023.

Elaboración de muretes de bloques de adobe con y sin refuerzo de fibra de agave torcido

La fabricación de los muretes con y sin adicinante de fibra de agave torcido y con refuerzo doble en cada junta horizontal se realizó en el laboratorio de GECONTROL PERU Y SERVICIOS - Los Olivos. Se construyeron en total 12 muretes, cada murete estuvo conformada por 12 bloques enteros y 6 medios, capas de mortero, refuerzo doble en la junta según el tipo y una capa de refrentado en la esquina superior. Las dimensiones nominales de los muretes fueron las siguientes: 795 mm de alto, 805 mm de ancho y 200 mm de espesor. Para el asentado de estos mismos, se necesitó un operario y un peón.

Las herramientas y materiales utilizados para su respectivo asentado se muestran en la tabla 15.

Tabla 15

Asentado de los muretes de bloques de suelo con y sin refuerzo de fibra de agave torcido

Herramientas y Materiales	Características
Herramientas	
Martillo de goma	Con mango de madera
Plomada de bronce	
Nivel manual de burbuja	
Regla de madera	De 1.00 m de largo y de 5 cm de ancho
Herramientas varias	Palana, pico, espátula, badilejo, baldes y wincha
Materiales	
Bloques de suelo	90 bloques de suelo tradicionales y 90 bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido
Mortero	Mezcla preparada con su respectiva dosificación
Madera	12 maderas de eucalipto de 100 cm de largo, 25 cm de ancho y de 1" de espesor
Listones	24 listones de madera Eucalipto de 30 x 5 x 5 cm (Largo, ancho y espesor)
Fibra de agave	Fibras torcidos de largo de 100 cm, previamente tratadas con bicarbonato de sodio
Carretillas	De carga manual
Escobilla	De plástico

Nota. Características de cada una de las herramientas y materiales utilizadas en la elaboración de las pilas de bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Las cantidades de materiales que se usó para la elaboración del mortero, teniendo en cuenta la dosificación de 1: 1.5 de paja y tierra, se muestra en la tabla N.º 16.

Tabla 16

Dosificación de la cantidad de materiales a usar

Especimen	Cantidad (und)	Dosificación de Materiales			
		Tierra (m ³)	Paja (m ³)	Agua (m ³)	Fibra torcido de 100 cm de largo (und)
Muretes de bloques de suelo de (79.5 x 80.5 x 20 cm)	12	0.113	0.075	0.011	60

Nota. La dosificación presentada en la tabla anterior en m³ es para el total de los especímenes según su metrado por unidad. Archivo fotográfico propio, 2023.

Se comenzó con la preparación del mortero, para ello se saturó la tierra con agua por 48 h, luego se agregó la paja y se comenzó a amasar utilizando un pico y las manos hasta lograr una mezcla homogénea y de suave consistencia, como se observa en la Fig. 64.

Figura 64

Preparación del mortero



Nota. Con ayuda de guantes se comenzó a amasar la mezcla, hasta conseguir una buena pasta. Archivo fotográfico propio, 2023.

Acto seguido se comenzó a escoger los mejores bloques de suelo, aquellos que no presenten quebraduras, grietas u otros defectos que puedan degradar su resistencia y se comenzó a limpiar los residuos de polvo y arena como producto de fabricación y transporte con ayuda de una escobilla. Seguidamente se humedeció los materiales y herramientas, luego se introdujo cada unidad dentro de una batea con agua por un tiempo de 20 segundos, controlados mediante un cronometro, ver Fig. 65.

Figura 65

Remojo de los bloques de suelo por 20 segundos



Nota. Sumersión del bloque de suelo dentro de agua por 20 segundos, controlados cronométricamente. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se asentó las unidades en la base de madera con su respectiva junta vertical de mortero, cada hilada estuvo conformada por dos bloques enteros y un medio, seguidamente se rayó la cara superior e inferior de los bloques con ayuda de una espátula, para lograr una buena adherencia de la unidad y la capa de mortero, ver Fig. 66.

Figura 66

Asentado de los muretes



(a)

(b)

(c)

Nota. a) Colocación de las unidades en la base de madera y verificación de la longitud para su posterior colocado de junta vertical y horizontal; b) rayado de la cara inferior de las unidades; y, c) colocación de cada hilada sobre la otra. Archivo fotográfico propio, 2023.

Para la realización del asentado de los muretes con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y con refuerzo doble en cada junta horizontal, se siguió el mismo procedimiento anterior, con excepción que en cada junta se colocó las cuerdas de agave torcido como alternativa de refuerzo horizontal doble en cada junta de mortero. Primero se colocó una capa delgada de mortero y se adjuntó las fibras de tamaño de 1.00 m de largo a una distancia de 5 cm de cada esquina de toda la hilada, es decir paralelo al lado más grande de la hilada, luego se colocó la otra capa, sumando la capa inferior más el diámetro del refuerzo y la capa superior un total 1.5 cm, luego se coloca la unidad encima de la capa de mortero y se continua con el mismo procedimiento, ver Fig. 67. Es importante mencionar que la ubicación de las cuerdas de agave torcido a modo de refuerzo horizontal en cada hilada del murete fue muy fácil y sencillo de hacerlo, no presentó ninguna dificultad.

Figura 67

Colocación del refuerzo doble en cada junta horizontal



Nota. (a) refuerzo doble en la primera hilada; (b) refuerzo doble en la quinta hilada.
 Archivo fotográfico propio, 2023.

Una vez asentados los 12 muretes (6 tradicionales y 6 reforzados), se dejó secar por 28 días en un ambiente fresco y seco, para luego realizarle los ensayos correspondientes, ver Fig.68.

Figura 68

Proceso de secado de los muretes



Nota. Se recomienda no moverlos de su lugar una vez asentados. Archivo fotográfico propio, 2023.

5.1.2. Descripción del trabajo de laboratorio

Ensayos para la muestra de suelo

Ensayo granulométrico por tamizado

Este ensayo se realizó en el laboratorio de GEOCONTROL PERÚ Y SERVICIOS SAC., siguiendo la normativa ASTM D6913 “Métodos de prueba estándar para la distribución del tamaño de partículas (gradación) de suelos usando análisis de tamiz”, a continuación, se muestra el procedimiento de su realización.

El primer paso fue el cuarteo de la muestra de suelo, se colocó un plástico sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas, con una pala y un separador se comenzó a dividir la muestra en 4 partes iguales y se separó en una tara 1000 gr pesados con exactitud en una balanza de 0,1 gr, antes de colocar la muestra en la tara, esta se pesó y se registró su peso, luego se pesó la tara más la muestra de suelo. Ver Fig. 69.

Figura 69

Cuarteo manual, peso de la tara y peso de la tara más muestra



(a)

(b)

(c)

Nota. a) Cuarteo manual de la muestra de suelo; b) peso de la tara vacía en gramos; y, c) peso de la tara más muestra de suelo en gramos. Archivo fotográfico propio, 2023.

Se colocó la muestra de suelo en una tara mucho más grande, luego se cubrió con agua y se dejó remojar por unos minutos para que los terrones existentes se ablanden. A continuación, con ayuda de guantes de jebe se comenzó a lavar la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N.º 200), el lavado se realizó hasta que el agua quede libre de material limo y arcilla y que no se visualice turbia, teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él, luego el material lavado se llevó al horno por 24 h para su posterior secado. Ver Fig. 70.

Figura 70

Lavado de la muestra de suelo y colocada al horno



Nota. (a) Lavado de la muestra de suelo mediante la malla N.º 200; (b) Colocación de la muestra lavada al horno por 24 h. Archivo fotográfico propio, 2023.

Una vez cumplido las 24 h, se retiró la muestra del horno y se registró su peso en una balanza de precisión de 0.01 gr, determinando la cantidad de material perdido en el lavado. Luego se procedió a pasar la muestra por el juego de tamices (desde la malla N.º 4 hasta la malla N.º 200), como se observa en la Fig. 71. Durante el proceso de cribado manual, se ejecutó la tarea de desplazar los tamices de un extremo a otro, trazando círculos con el objetivo de

mantener en constante movimiento la muestra sobre la malla. Las partículas capturadas en la malla fueron liberadas mediante el uso de un cepillo y se añadieron al material retenido en el tamiz correspondiente. Posteriormente, se procedió al registro del peso del material retenido en cada tamiz, facilitando así la realización de los cálculos necesarios.

Figura 71

Tamizado manual de la muestra



(a)

(b)

Nota. (a) Juego de tamices ordenados de mayor abertura (superior) a menor abertura (inferior) para realizar la separación de partículas por tamizado.; (b) Tamizado manual por un tiempo moderado. Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayo de contenido de humedad

La realización de este ensayo se basó en la norma ASTM D2216 “Métodos de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo y la roca por masa”. A continuación, se detalla el procedimiento.

Primero se cuarteo la muestra en 4 partes iguales, luego de una de las 4 partes se tomó una pequeña muestra de suelo en una tara pesada, después se registró el peso de la tara más la muestra de suelo húmeda y se llevó al horno por 24 h como se muestra en la Fig. 72. Después del tiempo cumplido se sacó la muestra del horno y se registró su peso seco, la pérdida de masa por secado se considera agua, luego se realizó los cálculos correspondientes.

Figura 72

Colocación de la muestra húmeda al horno



Nota. Horno Calibrado y a temperatura constante de 110° C. Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayo de límites de Atterberg

El ensayo de Límites de Atterberg se realizó siguiendo los parámetros de la norma ASTM D4318 “Métodos de prueba estándar para límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos”. A continuación, se detalla su procedimiento.

Límite líquido

Se inicio realizando el cuarteo, se colocó la muestra en un recipiente y con ayuda de un cucharón fue mezclada completamente, luego se extrajo una porción representativa de la masa total en una tara, se registró su peso en una balanza de precisión de 0.01 gr y se llevó al horno a una temperatura constante de 110 °C por 24 h. Después de haber cumplido el tiempo requerido, se retiró del horno y se colocó sobre un recipiente de porcelana y se le agrego agua destilada en proporciones pequeñas hasta lograr formar una mezcla consistente y homogénea. Ver Fig.73.

Figura 73

Mezcla para el ensayo de limite liquido



Nota. Tantear el agua destilada a colocar a la muestra, para que la pasta no quede muy aguada ni muy seca. Archivo fotográfico propio, 2023.

A continuación, se dispuso una porción de la mezcla previamente preparada dentro de la copa del dispositivo de límite líquido, colocándola en el punto donde la copa hace contacto con la base. Con cuidado, se ejerció presión sobre la mezcla y se distribuyó uniformemente en la copa hasta alcanzar una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más bajo. Luego, se procedió a nivelar la superficie hasta obtener un aspecto prácticamente horizontal, tal como se ilustra en la Figura 74.

Figura 74

Colocación de una porción de la mezcla en la Copa de Casagrande



Nota. Asegurarse que la pasta no presente burbujas de aire atrapado y que su valor de profundidad sea aproximadamente 10 mm. Archivo fotográfico propio, 2023.

Luego, con ayuda de un acanalador, se comenzó a dividir la muestra contenida en la copa de Casagrande en dos partes, haciendo una ranura a través del suelo desde el punto más alto hasta el punto más bajo sobre el borde de la copa como se visualiza en la Fig. 75.

Figura 75

División de la mezcla en dos partes mediante el acanalador

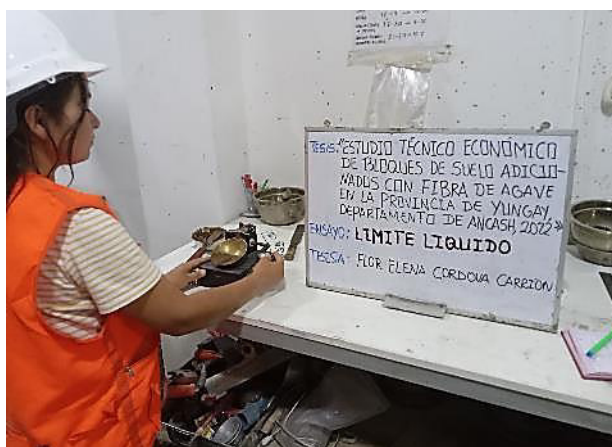


Nota. Con ayuda de un acanalador de plástico se realizó la ranura del suelo siguiendo una línea desde el punto más alto hasta el más bajo. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se comenzó a girar la manivela del equipo de manera uniforme a una velocidad de 2 golpes por segundo hasta cerrar la ranura a una longitud de $\frac{1}{2}$ " como se observa en la Fig.76, teniendo en cuenta que el cierre debió comprender entre 25 a 35. Se repitió el ensayo dos veces más, una de estas pruebas se realizó para un cierre que requiera de 20 a 30 golpes y la otra prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes, para lograrlo se incrementó agua destilada a la mezcla, con el fin de aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Finalmente se tomó una muestra del centro de donde cerro la ranura, se la coloco en una tara y se registró su peso.

Figura 76

Girado de la manivela del equipo a razón de dos golpes por segundo



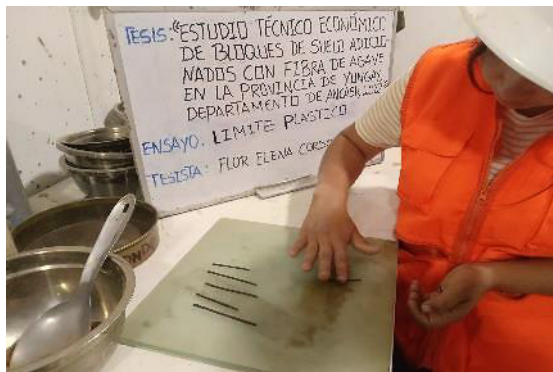
Nota. Tener en cuenta que el número de golpes necesarios para cerrar la ranura debe estar comprendido entre 25 a 35, 20 a 30 y 15 a 25. Archivo fotográfico propio, 2023.

Limite plástico

Del cuarteo inicial para el ensayo de limite líquido, se toma una muestra seca representativa de aproximadamente 20 gr y se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Luego se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera previamente preparada y se la hace rodar entre la palma de la mano o los dedos y la placa de vidrio esmerilado, aplicando una presión constante hasta formar un rollo de diámetro uniforme de aproximadamente 3.2 mm en la totalidad de su longitud como se visualiza en la Fig.77.

Figura 77

Elaboración de los cilindros de 3.2 mm



Nota. Ejercer una presión constante y no superior a la necesaria para formar los rollos.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Si al alcanzar el cilindro el diámetro de unos 3,2 mm (1/8") y no se ha desmoronado, se vuelve a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro. Los rollos aptos se colocaron en vidrios de reloj y se continuo el proceso con otra muestra, hasta reunir unos 6 g de suelo. Finalmente, los cilindros se colocaron en taras como se observa en la Fig. 78, se registró su peso y se llevó al horno por 24 h, luego de haber cumplido el tiempo se pesó y realizo los cálculos correspondientes

Figura 78

Colocación de los cilindros formados en taras



Nota. Muestra de cilindros de aproximadamente de 6 gr, colocados en taras para ser llevados al horno por 24h. Archivo fotográfico propio, 2023.

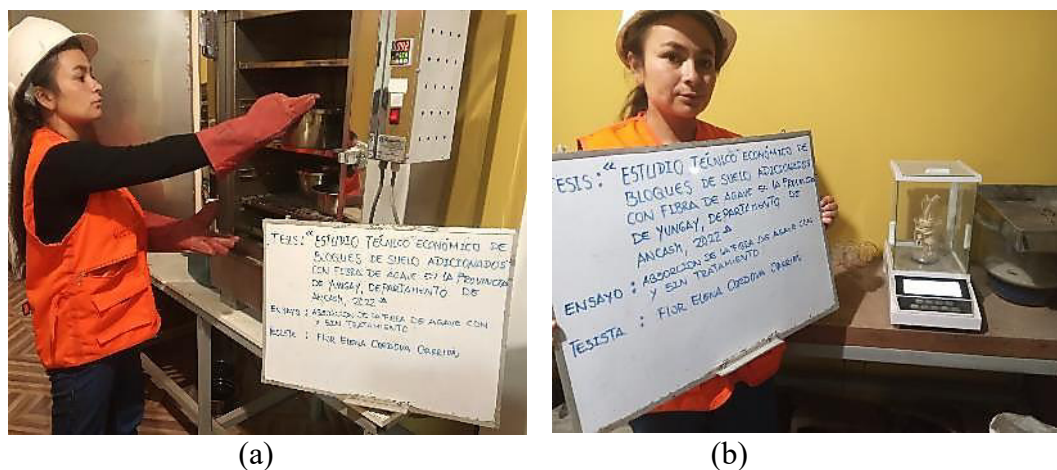
Ensayos a la fibra agave

Ensayos de Absorción a la fibra con y sin tratamiento

Para determinar la absorción de agua de las fibras tratadas y sin tratar, se siguió el procedimiento del autor Juárez (2002), se comenzó colocando las fibras al horno a una temperatura constante de 110 °C por 24 h, como se muestra en la Fig.79, luego de cumplir dicho tiempo, se las saco y se registró su peso en una balanza de precisión de 0.01 gr, formando 6 muestras de 10 gr, 3 muestras de fibras sin tratar y las 3 muestras restantes con tratamiento, siendo el peso seco (W_S) de cada muestra de 10 gr.

Figura 79

Colocación de la fibra con y sin tratamiento al horno



Nota. (a) Colocación al horno de la fibra con y sin tratamiento de bicarbonato de sodio y (b) pesado de la fibra con y sin tratamiento, siendo el peso seco (W_S). Archivo fotográfico propio, 2023.

Posteriormente las mismas fibras pesadas, se sumergieron con agua destilada por 24 h, como se observa en la Fig. 80, luego de cumplir con el tiempo de saturado se las retiro y coloco encima de un mantel limpio y con ayuda de papel higiénico se retiró el agua superficial visible

entre ellas, ver Fig. 81. Finalmente, se procedió a pesarla para obtener el peso seco superficialmente saturada ($W_{S_{S_s}}$) y realizar los cálculos correspondientes.

Figura 80

Sumersión de la Fibra con y sin tratamiento en agua destilada



(a)

(b)

Nota. (a) Fibra sin tratamiento y (b) Fibra con tratamiento de bicarbonato de sodio.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 81

Secado superficial de la fibra con y sin tratamiento



(a)

(b)

Nota. (a) Fibra sin tratamiento y (b) Fibra con tratamiento de bicarbonato de sodio.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayos a los bloques de adobe

Ensayo de variabilidad dimensional

Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la NTP 399.613 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería” y la NTP 399.604 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”. A continuación, se detalla el procedimiento.

Para la realización de este ensayo se necesitaron 12 unidades de bloques de suelo, 6 unidades de bloques de suelo patrón y 6 unidades de bloques de suelo adicionados con fibra de agave. Iniciando el proceso, la unidad fue posicionada sobre una superficie firme y nivelada, utilizando una regla de acero con divisiones de 1.0 mm para medir y anotar la longitud, anchura y altura. Las dimensiones fueron obtenidas calculando el promedio de cuatro mediciones tomadas desde los puntos medios de los bordes terminales de cada cara en la Fig. 82, se puede observar las dimensiones del bloque de suelo patrón y del adicionado con fibras de agave torcido.

Figura 82

Medición de dimensiones de los bloques de suelo tradicionales y adicionados.



(a)

(b)

(c)

Nota. a) medición del largo; b) medición del ancho; y, c) medición del alto. Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayo de alabeo

Este ensayo se realizó siguiendo el procedimiento establecido por la NTP 399.613 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”. Se tomaron como muestra 12 unidades, 6 unidades patron y 6 unidades adicionadas con fibra de agave torcido. Luego con ayuda de una escobilla se eliminó el polvo adherido a las superficies como producto de fabricación y transporte.

Medición de la Concavidad

Primero se colocó la unidad en una mesa plana, luego se colocó el borde recto de la regla milimetrada de manera diagonal sobre la cara superior horizontal de la unidad, después se introdujo una cuña en el punto correspondiente a la flecha máxima y se efectuó la lectura con la precisión de 1 mm y se registró el valor obtenido. Ver Fig. 83.

Figura 83

Medida de la concavidad de la unidad



(a)



(b)

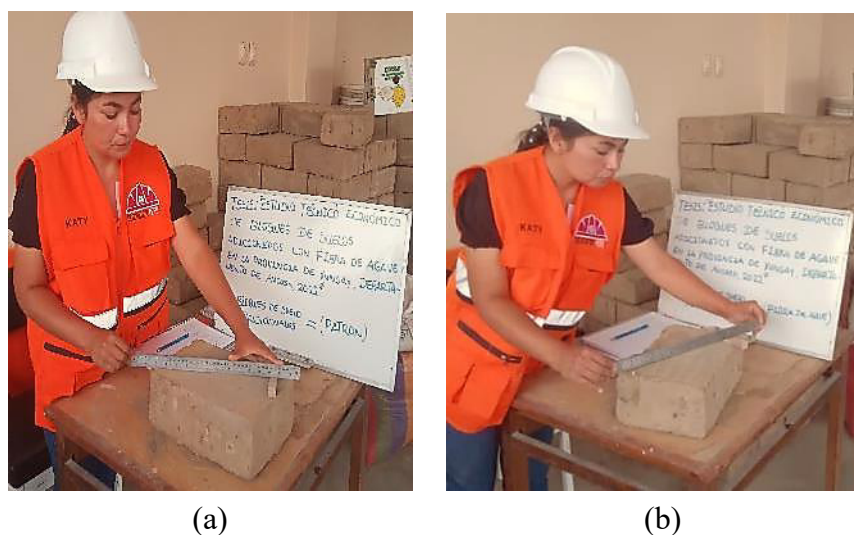
Nota. (a) medida de la concavidad del bloque de suelo patrón y (b) medida de concavidad del bloque de suelo adicionado de agave torcido. Archivo fotográfico propio, 2023.

Medida de la convexidad

Se colocó el borde recto de la regla milimetrada de manera diagonal sobre la cara superior horizontal de la unidad, después se introdujo en cada vertice una cuña y se busca el punto de apoyo de la regla sobre la diagonal. Ver Fig. 84.

Figura 84

Medida de la convexidad de la unidad



Nota. (a) alabeo del bloque de suelo patrón y (b) alabeo del bloque de suelo adicionado de agave torcido. Archivo fotográfico propio, 2023.

Periodo Inicial de Absorción (Succión)

Este ensayo se realizó siguiendo el procedimiento de la NTP 399.613 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”. A continuación se detalla el procedimiento.

En primer lugar, se comenzó separando 12 unidades de bloques de suelo, 6 unidades patrón y 6 unidades adicionadas con fibra de agave torcido. Se colocó cada unidad encima de una mesa de superficie dura y horizontal y con una cinta métrica se comenzó a tomar las medidas del largo, ancho y altura como se muestra en la Fig. 85, después se procedió a colocarlos al horno a una temperatura constante de 110 °C por 24 h, pasado el tiempo de secado, se procedió a sacarlos y separarlos para el proceso de enfriamiento, para acelerar el enfriamiento de las unidades se utilizó un ventilador eléctrico por un tiempo de 2 h, como se observa en la Fig. 86.

Figura 85

Medición del largo, ancho y alto de cada unidad



(a)

(b)

(c)

Nota. a) medición del largo; b) medición del ancho; y, c) medición del alto. Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 86

Colocación al horno y enfriamiento de los especímenes



(a)

(b)

(c)

Nota. a) colocación de las unidades al horno por 24 h; b) unidades separadas para el proceso de enfriamiento; y, c) corriente de aire generado por un ventilador eléctrico.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Una vez que se comprobó el enfriamiento de los especímenes, se procedió a registrar su peso de cada unidad en una balanza de aproximación de 0.5 gr, obteniendo su peso seco (W_s). Luego en un recipiente de metal de base plana, se colocaron dos soportes de acero no corrosible separados cada uno a cierta distancia, después se llenó la bandeja con agua, teniendo en cuenta que sobrepase 3 mm sobre el área de contacto (soportes de acero). Ver la Fig. 87.

Figura 87

Pesado de las unidades y colocación de soportes al recipiente



(a)

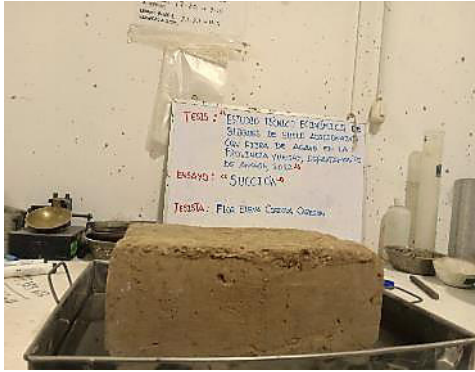
(b)

Nota. (a) registro del peso seco de las unidades y (b) colocación de los soportes de acero para el asentado de los bloques. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se colocó los bloques dentro del recipiente con agua por 1 min, como se observa en la Fig. 88, tiempo controlado cronométricamente desde el momento en que el bloque entro en contacto con el agua, al final del tiempo se procedió a retira el espécimen y al cabo de 20 segundos después del retiro, se realizó el secado superficial con ayuda de una franela y al cabo de los 2 minutos siguientes se registró su peso, como se visualiza en la Fig. 89, luego se procedió a realizar los cálculos correspondientes

Figura 88

Espécimen en contacto con el agua



(a)

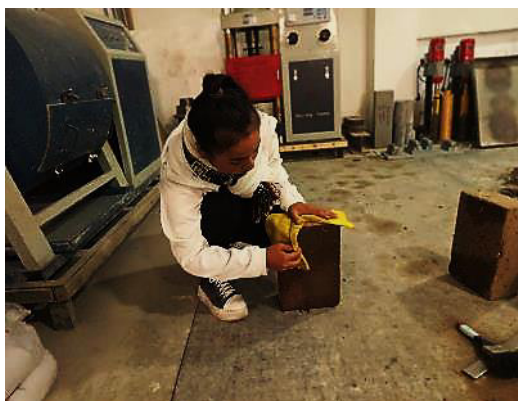


(b)

Nota. (a) bloque de suelo en contacto con el agua (vista frontal) y (b) bloque de suelo en contacto con el agua (vista superior). Archivo fotográfico propio, 2023.

Figura 89

Secado superficial y pesado de la unidad.



(a)



(b)

Nota. (a) secado superficial después de los 10 s de retirarlo del agua y (b) pesado después de los 2 min de haber retirado del agua. Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayo de absorción

El presente ensayo se realizó siguiendo el procedimiento de la NTP 399.604 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto” y de la NTP 399.613 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”. A continuación, se detalla el procedimiento.

Para esta prueba se tomaron como muestra 12 unidades de bloques de suelo, 6 unidades patrón y 6 unidades adicionados con fibra de agave torcido, se comenzó realizando la medición de cada una de las unidades (largo, ancho y altura) y luego se llevó al horno a una temperatura constante de 110 °C por 24 h, como se muestra en la Fig. 90, cumplido el tiempo de secado se dejaron enfriar a temperatura ambiente de 4 horas para después ser pesados en una balanza con aproximación de 0.5 gr, registrando su peso seco.

Figura 90

Especímenes colocados al horno



Nota. Horno calibrado y a una temperatura constante de 110 °C. Archivo fotográfico propio, 2023.

Después se introdujo los especímenes secos dentro de un recipiente lleno de agua potable, asegurándose que las unidades estén completamente sumergidas, como se observa en la Fig. 91, la sumersión de los bloques de suelo se realizó por intervalos de tiempo (1/2, 1, 6, 12 y 24 h).

Figura 91

Sumersión de los especímenes dentro de agua



(a)

(b)

(c)

Nota. (a) Colocación agua en tinas de plástico; (b) bloques de suelo sumergidos dentro de las tinas con agua; y, (c) bloques desmenuzados. Archivo fotográfico propio, 2023.

De la prueba se pudo comprobar que los bloques de suelo sumergidos por $\frac{1}{2}$, 1 y 6 h, absorbieron un porcentaje de agua, pero una parte se desmenuzo, los bloques de suelo sumergidos por 12 y 24 h, se deformaron completamente en el recipiente.

Ensayo de resistencia a la compresión

El procedimiento para el ensayo de resistencia a la compresión de los cubos de 10x10x10 cm, se basó en la NTP 399.603-2005 “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería”

Antes de ser ensayados los cubos a compresión; se realizó el “refrentado” o “capping”, cuya finalidad consiste en emparejar la superficie superior e inferior, los cuales tienen contacto con las placas sobre la cual va el pistón de la prensa. La mezcla colocada, se preparó con yeso y cemento a una proporción de 2:1, más conocida como diablo fuerte, se recomienda que la mezcla sea pastosa y fluida, con suficiente agua. En la Fig. 92 se puede observar el refrentado de los cubos a ser ensayados.

Figura 92

Refrentado de los cubos



Nota. (a) Colocación de mezcla de yeso-cemento-agua en la cara superior e inferior del cubo, controlando la horizontalidad y (b) Culminado y fraguado de las unidades capeadas por 48 h. Archivo fotográfico propio, 2023.

Se identifico las unidades según su tipo y se comenzó a registrar sus dimensiones, debido a que en el proceso de secado sus medidas se reducen. Las dimensiones se tomaron como el promedio de las 4 medidas por cara (largo, ancho y altura). Después se procedió a colocar el espécimen en la máquina de compresión, teniendo en cuenta que se encuentre centrado y de forma vertical. Ver Fig. 93.

Figura 93

Colocación del espécimen en la máquina de compresión



(a)



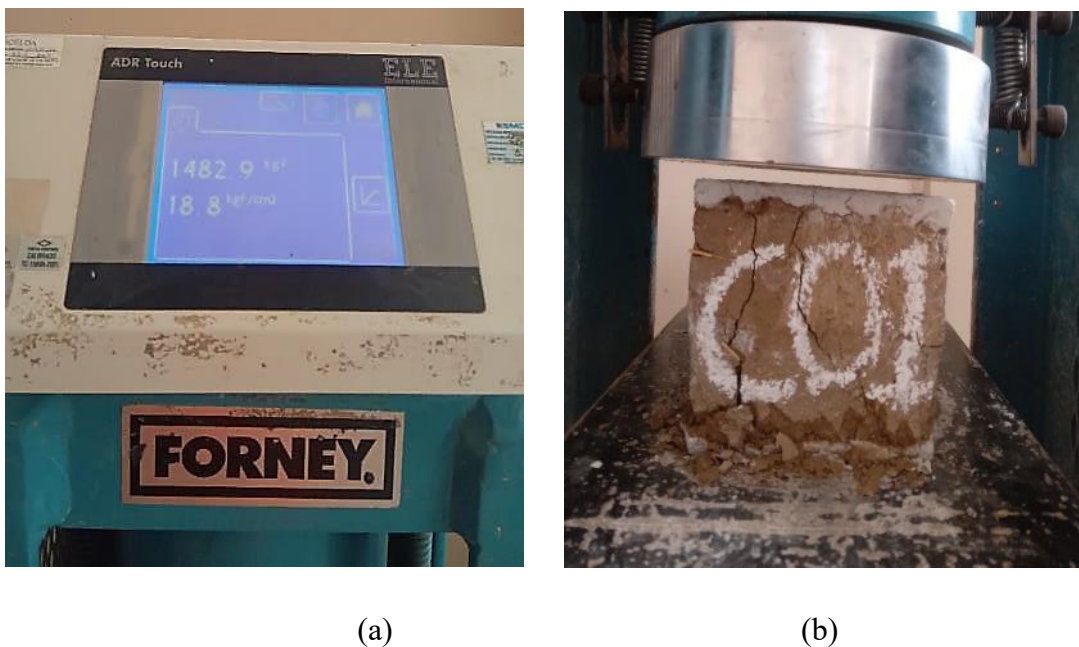
(b)

Nota. (a) La cara superior e inferior de la unidad debe estar nivelada y plana, para hacer un mejor contacto con los cabezales de la máquina y (b) Especimen centrado y listo para la aplicación de la carga. Archivo fotográfico propio, 2023.

Para finalizar, se llevó a cabo la aplicación de la carga de compresión a una velocidad predefinida, alcanzando el 50% de la resistencia prevista. La carga restante se aplicó de manera uniforme en un lapso no menor a un minuto ni mayor a dos minutos. Se registró el valor máximo de la carga y se procedió a observar el tipo de falla ocurrida, como se muestra en la Figura 94.

Figura 94

Carga máxima aplicada y tipo de falla del espécimen



Nota. (a) Carga máxima aplicada al espécimen (b) Falla presentada en forma de fisuras, una a la esquina y la otra cerca del centro del adobe. Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayo de Flexión

El procedimiento de este ensayo se realizó mediante la NTP 399.613:2005 y la NTP 331.017.

Se comenzó registrando la altura y ancho en el punto medio del espécimen, luego con una tiza blanca se marcó la arista de mayor largo de la unidad a 3 cm de los extremos y con otra línea se marcó el punto medio de la arista mayor. Sobre la placa base de acero de la prensa, se colocó dos apoyos, que son barras de acero ubicados a 3 cm del borde del adobe, coincidiendo con la marca que se realizó inicialmente. Sobre la cara superior de la unidad se colocó la tercera barra, justo en la marca del medio que se realizó anteriormente. Ver Fig. 95.

Figura 95

Marcado y colocación de las barras de acero a la unidad



(a)

(b)

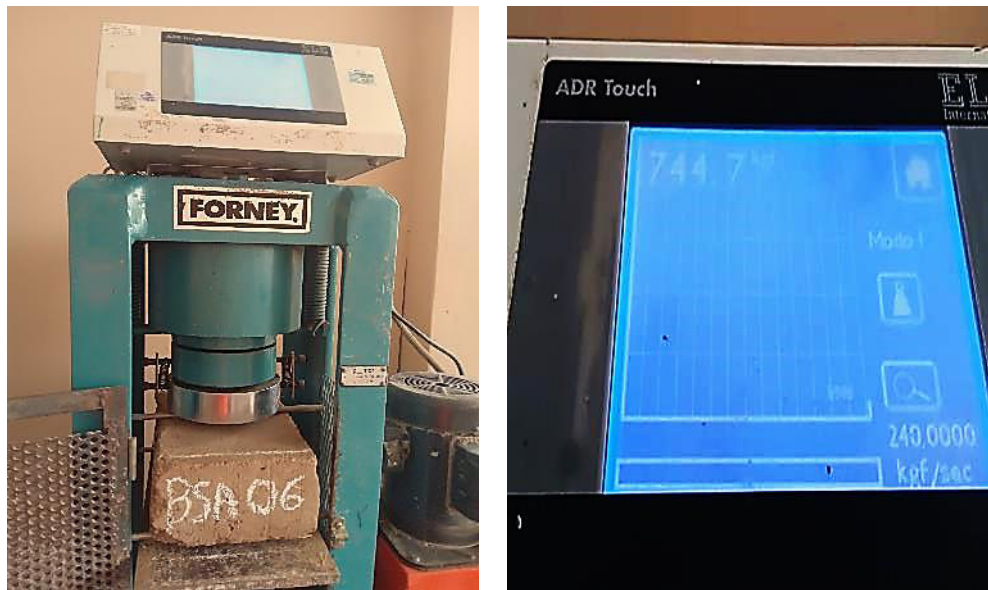
(c)

Nota. (a) Marcas realizadas al extremo y al medio de cada espécimen; (b) Colocación de la unidad sobre las barras de acero, coincidiendo con las marcas realizadas a 3 cm de cada extremo de la unidad; y, (c) Colocación de la barra superior, coincidiendo con la marca realizada al medio del adobe. Archivo fotográfico propio, 2023.

Mientras se ajusta la prensa hasta que el cabezal tome contacto con el rodillo superior, se tuvo en cuenta que las barras de acero no se muevan o deslicen. Finalmente se aplicó la carga hasta la rotura de la unidad a una velocidad no mayor a 8 896 N/min. Ver la Fig.96.

Figura 96

Carga máxima aplicada a la unidad



(a)

(b)

Nota. (a) Aplicación de la carga al espécimen (b) Carga máxima de rotura. Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayos para las pilas de bloques de adobe

Ensayo de resistencia a la compresión axial

El ensayo de compresión axial en pilas, se realizó teniendo en cuenta NTP 399.605,2013. “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería” y la ASTM C1314-00a. A continuación, se detalla el procedimiento.

Para este ensayo se tomaron 12 prismas, 6 prismas patrón y 6 adicionados con fibra de agave torcido. Dos días antes de ser ensayados a compresión axial; se realizó el capeado de la cara superior e inferior, aquellas que estarán en contacto con las placas de acero. La mezcla colocada, se preparó con yeso y cemento a una proporción de 2:1. En la Fig. 97, se puede observar el refrentado de los prismas a ser ensayados.

Figura 97

Refrentado de los prismas



(a)

(b)

Nota. (a) Capeado de los prismas con bloques de suelo patrón (b) Capeado de los prismas con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y con refuerzo doble en cada junta horizontal. Archivo fotográfico propio, 2023.

Se comenzó realizando el registro de sus dimensiones (largo, ancho y altura) de cada prisma y luego se identificó según su tipo. Después se procedió a colocar el prisma en la máquina de compresión, sobre la base de apoyo de forma vertical y centrada, seguidamente se colocó una placa de acero sobre la cara superior del prisma y se ajustó la máquina. Finalmente se ejerció la carga de manera perpendicular con ayuda de una gata hidráulica de 10000 PSI hasta el momento de falla del prisma, se registró la carga de ruptura y se realizaron los cálculos respectivos para hallar el valor del f'_m . Ver Fig. 98.

Figura 98

Colocación del prisma en la máquina de compresión



(a)

(b)

Nota. (a) Colocación del prisma en la máquina de compresión de marca HYDRMAQ, con gata de presión hidráulica máxima 10000 PSI, respectivamente calibrada. (b) Aplicación de la carga mediante la gata hidráulica hasta el momento de falla. Archivo fotográfico propio, 2023.

Módulo de elasticidad (E_m)

Se calculó el módulo de elasticidad mediante la realización de un ensayo de resistencia a la compresión axial, donde se aplicó una carga vertical y se utilizó un dial para registrar la deformación axial. Cuando el prisma este colocado en la maquina universal, centrado y ajustado se coloca el dial en la plancha de acero que va colocada encima de cara superior del prisma, este instrumento toma las medidas de una cada de los desplazamientos ocurridos en la aplicación de la carga. Finalmente, del ensayo realizado se obtuvo una gráfica de fuerza aplicada versus desplazamiento axial para cada una de las 12 pilas ensayadas según su tipo. Ver Fig. 99.

Figura 99

Instrumentación con diales



(a)

(b)

Nota. a) Colocación del dial en el prisma y b) Grabación de video mediante celular los desplazamientos del prisma en las cargas aplicadas. Archivo fotográfico propio, 2023.

Ensayos para los muretes de bloques de adobe

Ensayo de resistencia a la compresión diagonal

La realización del ensayo de compresión diagonal en muretes, se realizó siguiendo los parámetros de la Norma Técnica Peruana E.080 y la NTP 399.621-2004. “UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes”. En los párrafos siguientes se describirá el procedimiento.

Para este ensayo se necesitaron 12 muestras de muretes, 6 muestras patrón y 6 muestras adicionados con fibra de agave torcido. Dos días antes de ser ensayados a compresión diagonal; se realizó el tratamiento, el capeado de la esquina superior de cada murete. La mezcla colocada, se preparó con yeso y cemento a una proporción de 2:1. En la Fig. 100, se puede observar el refrentado de los muretes a ser ensayados.

Figura 100

Refrentado de muretes



Nota. Capeado con mezcla de cemento, yeso y agua la esquina superior de cada murete.

Archivo fotográfico propio, 2023.

Se comenzó registrando las mediciones de cada murete con una cinta métrica (Largo, altura, espesor y diagonal), luego se identificó y marco según su tipo. Después se comenzó a preparar cada murete para colocarlo en la máquina de compresión, en las caras lateral y superior de los muretes se colocó pedazos de Tecnopor cortados a medidas y encima una base de madera, con la finalidad que, al momento de colocarle las fajas ajustables, la presión de estas mismas no se ejerza directamente sobre el murete, luego con una pluma hidráulica de 2 toneladas plegable pro, se empezó a trasladar cada murete hasta la máquina de compresión y con ayuda de los técnicos encargados se colocó sobre la base de apoyo de forma diagonal y centrada, seguidamente se colocó una placa de acero sobre la cara superior del prisma y se ajustó la máquina, como se aprecia en la Fig.101.

Figura 101

Preparación, transporte y colocación del murete a la maquina universal



(a)

(b)

(c)

Nota. a) Preparación del espécimen con una base de Tecnopor y madera en las caras lateral y superior y sujetado mediante fajas; b) transporte del espécimen mediante una pluma hidráulica de 2 toneladas plegable pro; y, c) colocación del espécimen en la maquina universal de manera diagonal y centrada. Archivo fotográfico propio, 2023.

Finalmente, se ejerció la carga de manera perpendicular y monotónicamente creciente a una velocidad de 1 Ton/minuto con ayuda de una gata hidráulica de 10000 PSI hasta el momento de falla del murete como se aprecia en la figura 102, seguidamente se registró la carga de ruptura y se realizaron los cálculos respectivos para hallar el valor del $V'm$.

Figura 102

Aplicación de la carga máxima hasta la rotura del murete



Nota. El tipo de falla presentada en el murete es mixta, debido a que presenta grietas de manera escalonada y grietas que cortan unidades como mortero. Archivo fotográfico propio, 2024.

Módulo de corte (Gm)

El módulo de corte fue obtenido a través de un ensayo de resistencia a compresión diagonal. Durante este procedimiento, se aplicó una carga vertical y se emplearon dos diales, uno ubicado en la diagonal horizontal y otro en la diagonal vertical de una sola cara del murete, tal como se muestra en la figura 103. El dial de la diagonal horizontal está implementado para medir la respuesta local de la deformación horizontal y el dial de la diagonal vertical para medir la respuesta local de la deformación vertical, del ensayo realizado se obtuvo una gráfica de carga aplicada versus desplazamiento horizontal y vertical para cada uno de los doce muretes

ensayados según su tipo. Finalmente, para calcular G_m se trabajó con la parte más lineal de la gráfica carga vs desplazamiento la cual estuvo comprendida entre el 10 % y el 50 % de la carga de rotura.

Figura 103

Instrumentación de una cara del murete con dos diales



Nota. Los desplazamientos horizontales y verticales de cada uno de los doce muretes ensayados según su tipo, se grabó mediante dos cámaras de teléfono celular. Archivo fotográfico propio, 2023.

CAPÍTULO VI: ANÁLISIS COSTO/BENEFICIO

6.1. Evaluación Económica - Financiera

Con el objeto de conocer el bloque más económico, se llevó a cabo el análisis de precios unitarios tanto de los bloques de suelo patrón y los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. Para poder determinar el costo se emplearon los rendimientos reflejados en campo y los precios de los materiales vigentes del lugar donde se desarrolló la investigación.

En la tabla 17, se presenta el análisis de precios unitarios para los bloques de suelo patrón, donde se muestra el rendimiento obtenido en campo, la mano de obra, los materiales usados y el porcentaje de herramientas manuales.

Tabla 17

Análisis de costos unitarios de los bloques de suelo patrón

Partida	01.01	BLOQUES DE SUELO SIN ADICIONANTE DE 31 x 20 x 12 cm					
Rendimiento	Und/día	MO.	150	EQ.	150	Costo unitario directo por: Und	0.933
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010005	Operario		hh	1.0000	0.05333	10.000	0.533
							0.533
Materiales							
0203010001	Tierra			m ³	0.00768	39.97	0.307
0202020001	Paja			m ³	0.00154	41.733	0.064
0202030001	Agua			m ³	0.00077	3.000	0.002
							0.373
Equipos							
0301010010	Herramientas manuales		% MO		5.00000	0.533	0.027
							0.027

Nota. Se colocó el rendimiento de mano de obra de acuerdo a lo obtenido en campo.

Asimismo, los precios de los materiales colocados son de acuerdo al lugar donde se desarrolló la investigación. Elaboración propia, 2024.

Asimismo, en la tabla 18 se presenta el análisis de precios unitarios para los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido, donde se muestra el rendimiento obtenido en campo, la mano de obra, los materiales usados y el porcentaje de herramientas manuales.

Tabla 18

Análisis de costos unitarios de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido

Partida	BLOQUES DE SUELO ADICIONADOS CON FIBRA DE AGAVE TORCIDO DE 31 x 20 x 12 cm						
Rendimiento	Und/día	MO.	130	EQ.	130	Costo unitario directo por: Und	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
Mano de Obra							
0101010005	Operario	hh	1.0000	0.06154	10.000	0.615	
						0.615	
Materiales							
0203010001	Tierra	m3		0.00768	39.97	0.307	
0202020001	Paja	m3		0.00154	41.733	0.064	
0202030001	Agua	m3		0.00077	3.000	0.002	
0202040001	Fibras de agave torcido	Und		5.00000	0.075	0.375	
0202050001	Bicarbonato de sodio	kg		0.01600	10.016	0.16	
						0.908	
Equipos							
0301010010	Herramientas manuales	% MO		5.00000	0.615	0.031	
						0.031	

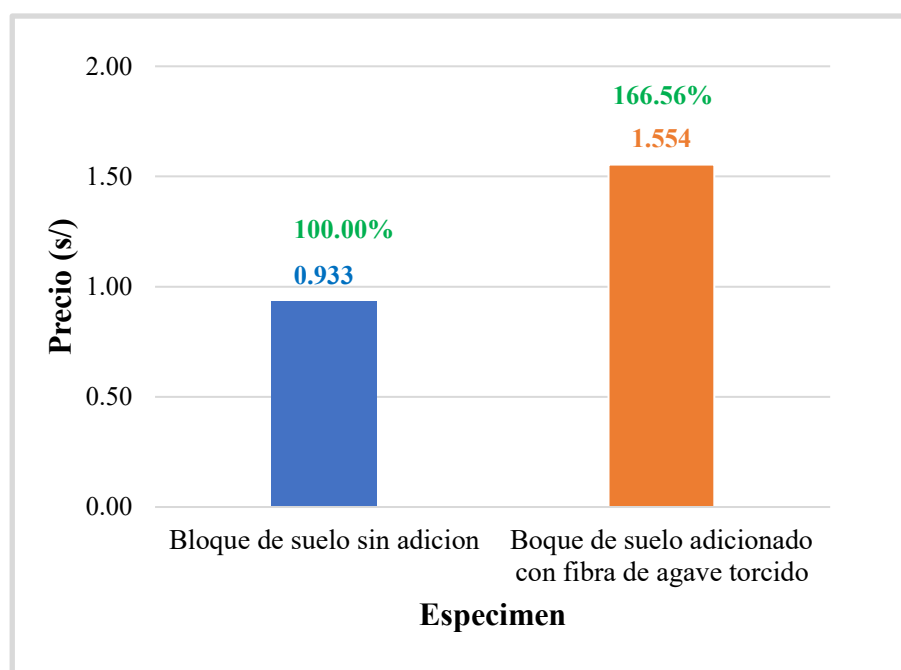
Nota. Se colocó el rendimiento de mano de obra de acuerdo a lo obtenido en campo.

Asimismo, los precios de los materiales colocados son de acuerdo al lugar donde se desarrolló la investigación. Elaboración propia, 2024.

También, de forma gráfica se muestran los resultados del análisis de costo unitario de fabricación y el rendimiento diario de los bloques de suelo patrón con respecto a los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. Véase en la figura 104 y 105

Figura 104

Comparación del costo unitario de fabricación de los bloques de suelo con y sin adiconamiento

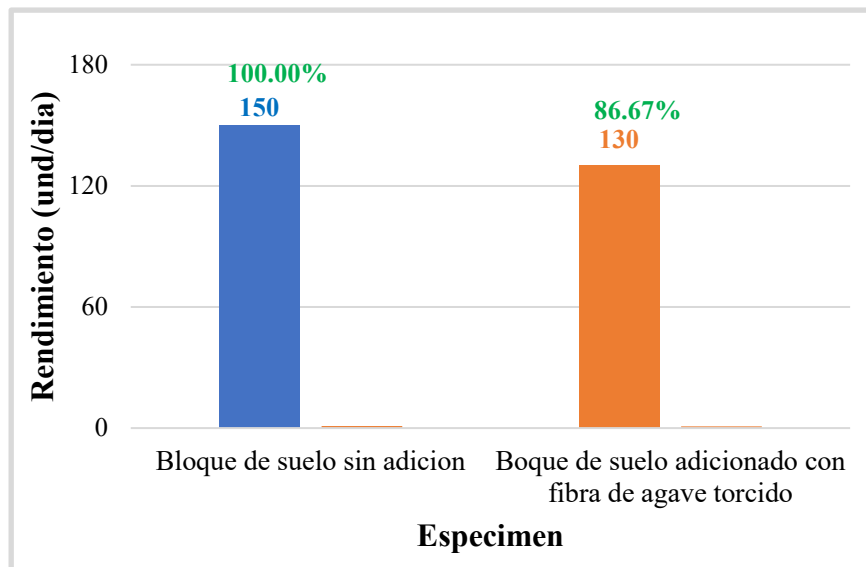


Nota. Los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto al menor costo de elaboración del bloque de suelo. Elaboración propia, 2024.

De la figura 104, se puede interpretar que los bloques de suelo sin adición tienen un costo de elaboración de 0,993 S/, mientras que los bloques de suelo adicionados con fibra de agave tienen un costo de elaboración de 1,554 S/, siendo la diferencia entre ambos bloques de 0.561 S/, siendo mayor en un porcentaje 66.56 % con respecto al bloque sin adición. El aumento de este precio se justifica con el adiconamiento colocado al interior del bloque y por el costo del tratamiento con bicarbonato de sodio dado a estas fibras. Cabe mencionar que en un m² de construcción se necesitan 36 Und de bloques de suelo, considerando el 5% de desperdicio. Siendo el precio por metro cuadrado de 36 (S/) para los muros de bloques de suelo patrón y 60 (S/) para los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido.

Figura 105

Comparación del rendimiento de unidades diarias de los bloques de suelo con y sin adición



Nota. Los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto al mayor rendimiento de fabricación de bloques de suelo. Elaboración propia, 2024.

Como se puede apreciar en la figura 105, el rendimiento de fabricación de los bloques de suelo sin adición es de 150 Und/día, mientras que el rendimiento de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido es de 130 Und/día. Esto sucede debido al tiempo adicional que se requiere para colocar las cuatro cuerdas de fibra de agave torcido de forma diagonal por los agujeros del molde y luego amarrar la quinta cuerda de manera perpendicular, además la mezcla no se coloca de golpe, sino en tres capas para poder compactarlos bien con las manos y no queden vacíos, asimismo al momento de desmoldar, se tiene que cortar los amarres de las esquinas. Todo este proceso genera menor cantidad de bloques diarios. Reduciendo una cantidad de 20 bloques menos por día, es decir 13.33 % menos de rendimiento. 3 bloques menos por hora aproximadamente.

Interpretación de los resultados

Respecto al análisis costo-benéfico, las fibras de agave torcido colocadas de manera diagonal y perpendicular al interior de la unidad y asimismo colocadas como alternativa de refuerzo horizontal en cada junta de mortero resulto muy beneficiosa, debido a que mejora notablemente sus propiedades físicas y mecánicas; sin embargo, su costo de fabricación resulta ser un poco más de la mitad que cuesta que una unidad tradicional.

Cabe mencionar, que en Yungay esta planta es silvestre y crece en abundancia y al alcance del poblador no generando ningún costo su obtención. El costo proviene del desfibrado, el torcido y el tratamiento de la fibra. En cuanto al tratamiento, este se podría eliminar. Así el precio de la unidad se reduciría a 1,394 S/.

Respecto al desfibrado del pencho de fibra de agave se podría mejorar los tiempos, debido a que existen muchísimos métodos más efectivos y rápidos. En esta investigación se realizó el método de extracción manual, debido a que los métodos de extracción química resultan ser muy costoso. Asimismo, no se optó por la extracción mecánica, debido a que no se contó con una maquina desfibradora. Sería de gran aporte y ayuda poder diseñar y construir una maquina mecánica desfibradora para los pobladores de la provincia de Yungay, disminuiría los tiempos y mano obra, además el desfibrado de la fibra resultaría más eficiente y poco dañado.

En cuanto al torcido, depende de la habilidad y la experiencia de las personas, pero es muy rápido de aprender. Asimismo, la colocación de estas cuerdas dentro de la unidad es fácil y rápida, básicamente consiste en pasar las cuatro cuerdas de forma diagonal por los agujeros del molde y luego amarrar la quinta cuerda de forma perpendicular en cada unión de las cuerdas colocadas de manera diagonal, no se necesita de una mano de obra especializada, lo puede hacer un obrero.

Dependiendo del costo de la unidad, todo el proceso de la extracción, desfibrado, torcido, colocación de las cuerdas dentro del molde y la elaboración del bloque de suelo lo puede realizar el mismo poblador. Es importante resaltar que en la provincia de Yungay la mayoría de los pobladores tienen conocimiento sobre la elaboración de los adobes y además todos los materiales están a su disposición, siendo una gran ventaja. Otro punto que es importante mencionar es que los trabajos de construcción de viviendas lo realizan en cooperación colectiva, es decir entre vecinos, en lo cual se minimizaría el costo de la mano y por ende resultaría más económico.

CAPÍTULO VII: RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Resultados

7.1.1. Resultados de las propiedades físicas de la muestra de suelo

Análisis granulométrico por tamizado

En la tabla 19 se observa los resultados del ensayo de análisis granulométrico por tamizado del suelo seleccionado, en donde se registra el porcentaje de acumulado que pasa por el tamiz de abertura de 3" hasta la N.º 200 y en la figura 106 se muestra la curva granulométrica. Este ensayo se realizó siguiendo los parámetros de la norma internacional ASTM D6913, primero se comenzó registrando el peso de la muestra húmeda, seguido se lavó la muestra de suelo por la malla N.º 200 y se dejó secar por 24 h al horno y se pesó, luego se realizó el tamizado por el método manual. Se considero una muestra de tierra seca al horno de 870.40 gr.

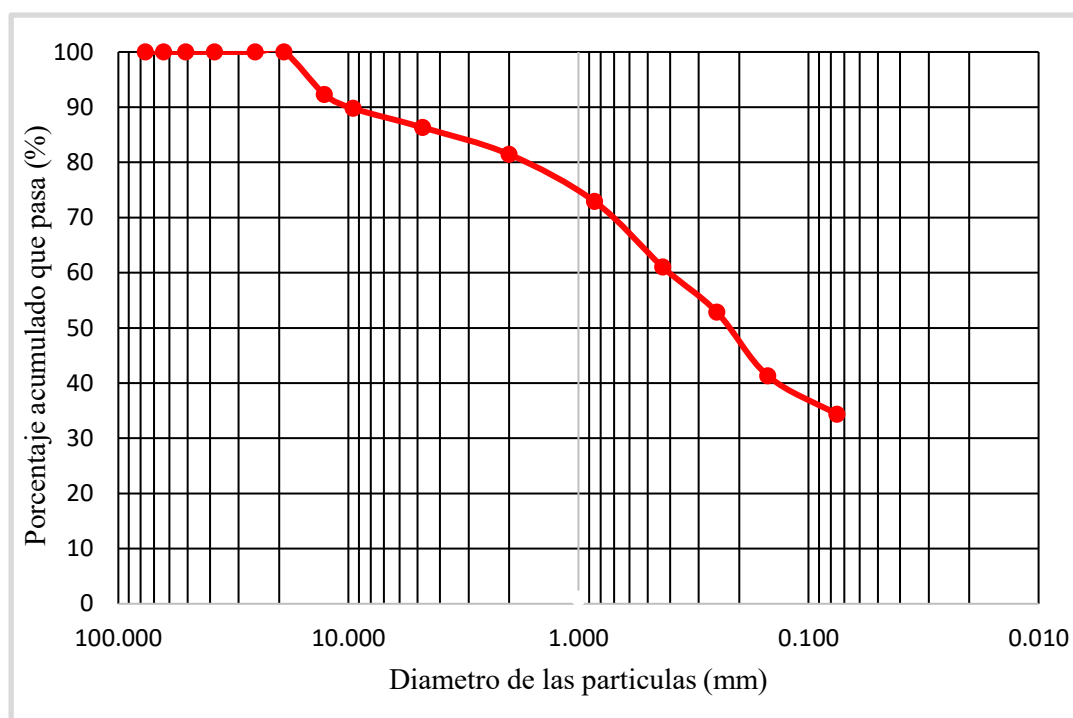
Tabla 19

Resultados del análisis granulométrico por tamizado del suelo seleccionado

Tamiz	Abertura (mm)	(%) Acumulado que pasa
3"	76.200	100.00
2 1/2"	63.500	100.00
2"	50.800	100.00
1 1/2"	38.100	100.00
1"	25.400	100.00
3/4"	19.050	100.00
1/2"	12.700	92.31
3/8"	9.530	89.77
Nº 4	4.750	86.31
Nº 10	2.000	81.45
Nº 20	0.850	72.89
Nº 40	0.430	61.02
Nº 60	0.250	52.84
Nº 100	0.150	41.28
Nº 200	0.075	34.32

Nota. Normativa de referencia para la elaboración del ensayo ASTM D6913.

Elaboración propia, 2024.

Figura 106*Curva granulométrica*

Nota. La muestra de tierra se extrajo de la cantera del distrito de Matacoto. Elaboración propia, 2024.

Tabla 20*Propiedades físicas de la tierra de estudio*

Muestra	Gradación del suelo en porcentaje (%)	Clasificación de suelo según ASSHTO	Clasificación del suelo según SUCS
M-01	Grava: 13.7 Arena: 52.0 Finos: 34.3	A-2 (Grupo); A-2-6 (Subgrupo)	SC (Arena arcillosa)

Nota. La muestra de tierra se extrajo de la cantera del distrito de Matacoto. Elaboración propia, 2024.

Interpretación de los resultados

De la tabla 20 se puede interpretar que, la gradación del suelo de estudio estuvo compuesta por un 13.7 % de grava, 52.0 % de arena y 34.3 % de finos; los resultados de la granulometría de la muestra de suelo se aproximan a los que recomienda el MVCS en su manual de construcción de edificaciones antisísmicas de adobe (arcilla 10-20%, limo 15-25% y arena 55-70%). Asimismo, la clasificación del suelo según ASSHTO, se encuentra en el grupo A-2 y en el subgrupo A-2-6, calificándose como el tipo de material gravas y arenas limosas o arcillosas, teniendo una valoración buena. Cabe recalcar que esta investigación, se logró mejorar las propiedades físicas del suelo, mediante la estabilización con arena gruesa, debido al exceso de arcilla que presento, se siguió la recomendación de (Blondet, 2010) por cada 5 latas de barro dormido, se agregó un balde de arena fina. La clasificación de suelo según SUCS, pertenece al símbolo del grupo SC, siendo su nombre típico arenas arcillosas

Contenido de humedad

En la tabla 21, se muestran los pesos, tanto de la tara y de la muestra húmeda y seca, asimismo el peso del agua dentro de la masa del suelo, expresada en gramos. Este ensayo se realizó siguiendo los parámetros de la norma internacional ASTM D2216, primero se comenzó registrando el peso de la muestra húmeda, luego se llevó al horno por 24 h y se volvió a pesar nuevamente, luego se encontró el porcentaje de humedad de la muestra de suelo, dividiendo el peso del agua en gramos entre el peso de las partículas sólidas en gramos, multiplicando al resultado de la división por 100.

Tabla 21*Resultados del contenido de humedad*

Tara N°	T1
Peso de tara (g)	271.6
Tara + muestra húmeda (g)	1178.0
Tara + muestra seca (g)	1142.0
Peso de las partículas sólidas (g)	870.40
Peso del agua (g)	36
Contenido de Humedad (%)	4.14
Método de secado	Horno a 110 ± 5 °C

Nota. La tara y la muestra húmeda y seca se pesaron en una balanza de legibilidad de 0.1 g, respectivamente calibrada. Elaboración propia, 2024.

Interpretación de los resultados

De la tabla 21 se puede observar que, el contenido de humedad en porcentaje de la muestra de estudio es 4.14 %, siendo un valor bajo. Es fundamental determinar el contenido de humedad de un suelo para proyectar su uso, la cantidad de agua que posee un suelo es una respuesta al comportamiento del material, por eso se debe tener en especial consideración su estudio. La norma E.080 en el ítem 17.4 indica la importancia de controlar adecuadamente el contenido de humedad, con la finalidad de evitar o disminuir las fisuras o grietas (contracción), debido a la eliminación por secado del agua retenida (perdida de volumen), para alcanzar la máxima resistencia seca de los muros.

Límites de atterberg

Limite liquido

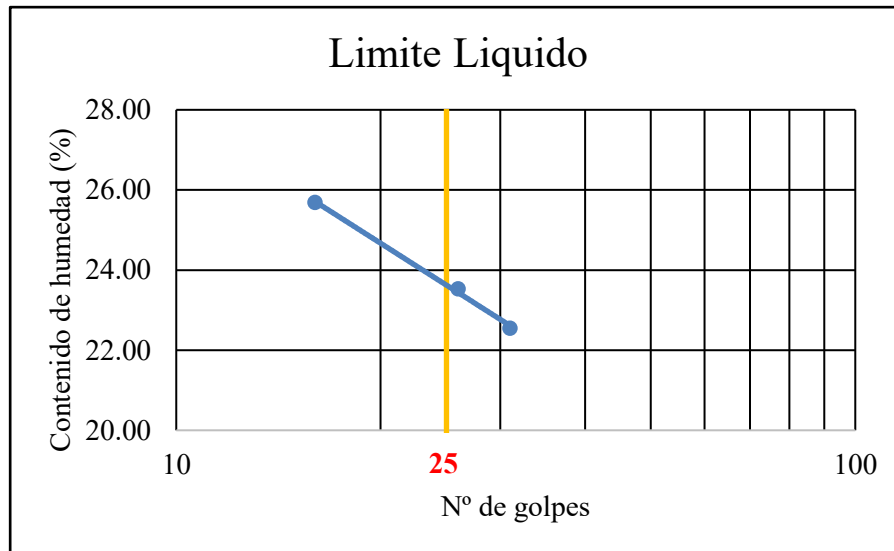
Los resultados de este ensayo se muestran en la tabla 22, en donde se registran el número de golpes con el cual cerro la ranura, el peso de los recipientes y de las muestras húmedas y secas, el peso de las partículas sólidas y el peso del agua, datos que permitieron realizar el cálculo del contenido de humedad expresado en porcentaje y en la figura 107 se observan los resultados en forma gráfica, mediante un diagrama de fluidez. Este ensayo se realizó siguiendo los parámetros de la norma internacional ASTM D4318, se comienza agregando una pequeña porción de agua a una muestra seca de tierra tamizada por el tamiz N.º 40 y se forma una mezcla consistente y homogénea, luego se coloca la mezcla en el aparato de la Copa de Casagrande y se divide en dos partes iguales con ayuda del acanalador y finalmente se cuenta el número de golpes con el cual se cerró la ranura.

Tabla 22

Registro de pesos del ensayo de limite liquido

Muestra	M1	M2	M3
Nro. de Recipiente	1	2	3
N.º de Golpes	16	26	31
Peso de Recipiente (g)	22.6	20.5	26.1
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	36.3	33.1	38.6
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	33.5	30.7	36.3
Peso del suelo seco (g)	10.9	10.2	10.2
Peso del agua (g)	2.8	2.4	2.3
Contenido de Humedad (%)	25.69	23.53	22.55

Nota. Los recipientes y las muestras húmedas y secas se pesaron en una balanza de legibilidad de 0.1 g, respectivamente calibrada. Elaboración propia, 2024.

Figura 107*Diagrama de fluidez*

Nota. Normativa de referencia para la elaboración del presente ensayo - ASTM D4318.

Elaboración propia, 2024.

Interpretación de los resultados

De la gráfica anterior, se puede interpretar que, en el eje de la abscisa (x) se encuentra el número de golpes con el cual cerro la ranura y en el eje de la ordenada (y) se ubica el contenido de humedad expresado en porcentaje, la línea vertical de color amarillo corresponde a los 25 golpes, el límite líquido se calculó mediante la ecuación lineal, determinada a partir del logaritmo natural del número de golpes (N) (eje x) y el contenido de humedad (eje y), evaluado para $N = 25$. Obteniendo un Límite líquido de 24 %.

$$y = - 4.685 \ln (x) + 38.704$$

$$y = - 4.685 \ln (25) + 38.704$$

$$y = 24$$

Limite plástico

Los resultados de este ensayo, se muestra en la tabla 23, en donde se registran los pesos, tanto de los recipientes y de las muestras húmedas y secas, asimismo el peso de las partículas sólidas y el peso del agua, finalmente se muestra el contenido de humedad promedio expresada en porcentaje de las dos muestras ensayadas. Este ensayo se realizó siguiendo los parámetros de la norma internacional ASTM D4318, se empezó formando rollitos de diámetro de 3,2 mm. Esta prueba consiste que el rollito formado anteriormente debe rajarse o desmoronarse. Una vez que se tiene al menos 6 gramos de los rollitos se colocan en un recipiente y se pesan. Luego se lleva a al horno a temperatura de 110 ± 5 °C por 24 horas y nuevamente se vuelve a registrar su peso.

Tabla 23

Registro de los pesos del ensayo de limite plástico

Muestra	M1	M2
Nro. de Recipiente	1	2
Peso de Recipiente (g)	6	3.8
Peso Recipiente + Suelo Húmedo (g)	11.3	13.7
Peso Recipiente + Suelo Seco (g)	10.7	12.9
Peso del suelo seco (g)	4.7	9.1
Peso del agua (g)	0.6	0.8
Contenido de Humedad (%)	12.8	8.8
Contenido de Humedad promedio (%)	11	

Nota. Los recipientes y las muestras húmedas y secas se pesaron en una balanza de legibilidad de 0.1 g, respectivamente calibrada. Elaboración propia, 2024.

Índice de Plasticidad

En la Tabla 24, se muestran el resultado del índice de plasticidad, siendo la diferencia entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP), resultados que se obtuvieron anteriormente.

Tabla 24

Resultados del índice de plasticidad

Parámetros	Resultados
Límite Líquido % (LL)	24
Límite Plástico % (LP)	11
Índice de Plasticidad % (IP)	13

Nota. Norma de referencia para la realización del ensayo ASTM D4318. Elaboración propia, 2024.

Del resultado de la tabla anterior, se puede observar que el índice de plasticidad es 13 y según Atteberg, cuando el índice de plástico está comprendido entre 7 y 17, se dice que el suelo es medianamente plástico.

7.1.2. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo

En la tabla 25, se muestran los resultados de los ensayos físicos y mecánicos de los bloques de suelo con y sin adiconante y de la fibra de agave torcido con y sin tratamiento. Para los ensayos físicos, como es variabilidad dimensional, alabeo, succión y absorción se tomaron por ensayo una muestra de seis especímenes según su tipo, para realizar los cálculos respectivos se tomó el resultado promedio de las seis muestras ensayadas y para la fibra de agave torcido se tomaron 3 muestras de 10 g cada una según su tipo. Asimismo, para los ensayos mecánicos como es resistencia a la compresión de cubos, flexión, compresión axial, módulo de elasticidad, compresión diagonal y módulo de corte, se tomaron seis especímenes por ensayo según su tipo, el cálculo se realizó mediante el resultado promedio de los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados, restándoles la desviación estándar.

Tabla 25

Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo y la fibra de agave torcido

ENSAYOS			ESPÉCIMEN		FIBRA DE AGAVE TORCIDO	
			Espécimen patrón	Espécimen adicionado con fibra de agave torcido	Fibra sin tratar	Fibra tratada con una solución de bicarbonato de sodio al 10 % p/p
Propiedades físicas	Variabilidad dimensional	Largo	303.29	304.38		
		Ancho	193.63	195.13		
		Altura	113	114.7		
	Alabeo	(mm)	2.5	2.08		
	Succión	(g)	1.31	0.88		
Absorción	(g) (%)	*	*	104.53	99.17	
Propiedades mecánicas	Resistencia característica a compresión	(kgf/cm ²)	14,81	*		
	Resistencia característica a flexión	(kgf/cm ²)	10,06	9,13		
	Resistencia característica a compresión axial	(kgf/cm ²)	12,37	13,17		
	Módulo de elasticidad (Em)	(kgf/cm ²)	6694,03	7183,69		
	Resistencia característica a compresión diagonal	(kgf/cm ²)	0,60	1,23		
	Módulo de corte (Gm)	(kgf/cm ²)	2509,27	3142,21		

Nota. (*) El ensayo de absorción en bloques de suelo no presento resultados, debido a que no soportaron la prueba de sumersión por 24 h, se deshicieron y en cuanto al ensayo de resistencia a la compresión de cubos solo se realizó en especímenes patrón. Elaboración propia, 2024.

Absorción de la fibra con y sin tratamiento

Para este ensayo se tomaron 6 muestras de 10 g cada una, 3 de ellas corresponden a fibras de agave torcido sin tratar y los 3 restantes a fibras de agave torcido tratadas con una solución de bicarbonato de sodio al 10 % p/p. En la tabla 26 se muestran los resultados de la capacidad de absorción de la fibra de agave torcido con y sin tratamiento.

Tabla 26

Capacidad de absorción de la fibra de agave con y sin tratamiento

	Muestra	Tiempo de Saturación (min)	Peso seco (gr)	Peso Saturado Superficialmente seco (gr)	Peso del agua absorbida (gr)	Absorción relativa al peso seco (gr)
Fibra de agave torcido sin tratamiento	1	1440	10	20.60	10.60	106.00 %
	2	1440	10	20.55	10.55	105.50 %
	3	1440	10	20.21	10.21	102.10 %
					Promedio:	104.53 %
				D.E:	0.02	
				C.V:	2.03	
Fibra de agave torcido con tratamiento	1	1440	10	20.10	10.10	101.00 %
	2	1440	10	19.95	9.95	99.50 %
	3	1440	10	19.70	9.70	97.00 %
					Promedio:	99.17 %
				D.E:	0.02	
				C.V:	2.04	

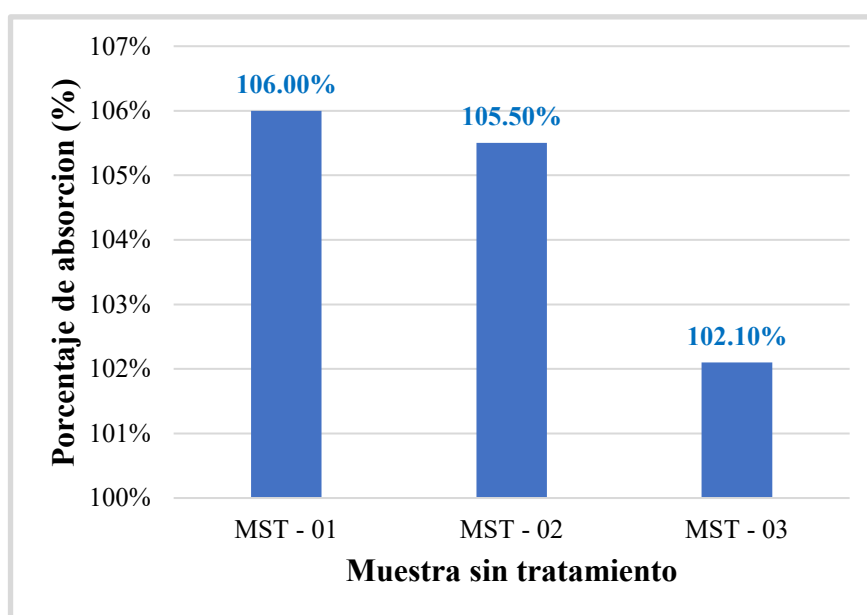
Nota. Se consideró las tres muestras para el cálculo del promedio. Elaboración propia, 2024.

A continuación, de manera gráfica se muestran los resultados del ensayo de absorción de la fibra de agave torcido con y sin tratamiento. En la figura 108, se visualiza los resultados del porcentaje de absorción de la fibra de agave torcido sin tratamiento, en la figura 109 se muestran los resultados del porcentaje de absorción de la fibra de agave torcido con tratamiento de una solución de bicarbonato de sodio al 10 % p/p y en la figura 110 se muestra

los resultados de la comparación del porcentaje de absorción de la fibra de agave torcido sin tratamiento con respecto a la fibra de agave torcido tratada con una solución de bicarbonato de sodio.

Figura 108

Porcentaje de absorción en muestras de fibras de agave sin tratamiento

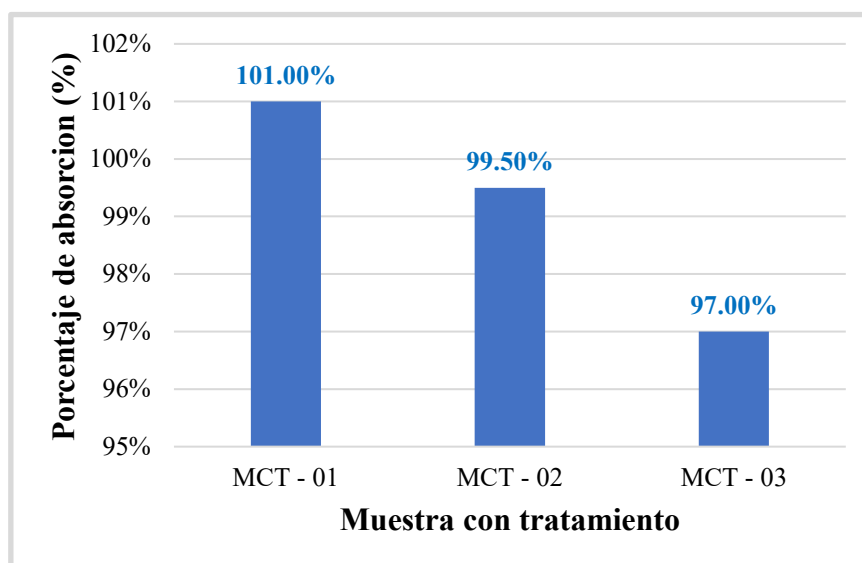


Nota. Todas las fibras sin tratamiento presentaron alta absorción de agua, llegando a sobrepasar el 100 % con respecto a su peso seco. Elaboración propia, 2024.

De la figura anterior, se puede observar que la muestra que alcanzó mayor porcentaje de absorción fue MST-01 con un valor de 106,00 % y la muestra que obtuvo menor porcentaje de absorción fue MST-03 un valor de 102.10 %.

Figura 109

Porcentaje de absorción en muestras de fibras de agave con tratamiento

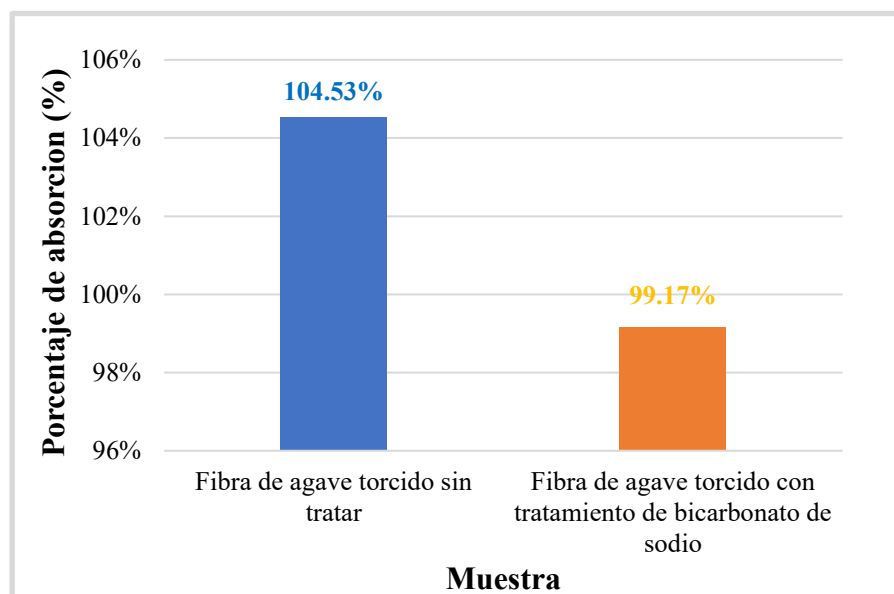


Nota. La muestra MCT-01 absorbió más del 100 % de agua con respecto a su peso seco, mientras que las muestras MCT-02 y MCT-03 absorbieron agua por debajo del 100 %. Elaboración propia, 2024.

De la figura anterior, se puede observar que la muestra que alcanzó mayor porcentaje de absorción fue MCT-01 con un valor de 101,00 % y la muestra que obtuvo menor porcentaje de absorción fue MCT-03 un valor de 97.00 %.

Figura 110

Comparación del porcentaje de absorción de la fibra de agave torcido sin tratamiento y con tratamiento de NaHCO₃



Nota. Las fibras de agave torcido sin tratamiento presentaron una absorción promedio de agua por encima del 100 %, mientras que las fibras de agave torcido con tratamiento presentaron una absorción promedio de agua por debajo del 100 %. Elaboración propia, 2024.

De la figura anterior, se logra observar que las muestras de fibras de agave torcido sin tratamiento obtuvieron un porcentaje de absorción de 104,53 % y las fibras de agave torcido con tratamiento de bicarbonato de sodio al 10 % p/p tuvo un porcentaje de absorción de 99,17 %, es decir tuvo un porcentaje de absorción menor de 5,36 % en comparación de las muestras sin tratar.

Interpretación de los resultados.

El tratamiento químico ecológico realizado a las fibras de agave torcido contribuye a la reducción de la absorción del agua en un 5,36 % con respecto a las fibras sin tratamiento, porcentaje obtenido bajo, pues no asegura la estabilidad volumétrica de la fibra dentro de una mezcla. Pero si muestra cambios favorables en la superficie de la fibra, volviéndola mucho más rugosa y lisa, como resultado de la disminución de las impurezas, ceras y aceite natural que cubren la superficie externa de las fibras, las cuales podrían afectar la adhesión entre fibra/matriz por concentraciones de estrés.

Variabilidad Dimensional

El ensayo se realizó con 12 unidades enteras, 6 corresponden a unidades patrón y los 6 restantes a unidades de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. A cada unidad se evaluó de manera individual el largo, ancho y altura, debido a que no poseen las mismas dimensiones, en la tabla 27 y 28 se pueden apreciar las mediciones nominales y reales en mm del largo, ancho y altura, tanto de los bloques de suelo patrón y de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido; asimismo, se presenta la variación de las dimensiones en mm y en porcentaje de cada uno de los especímenes, el promedio de la variación, la desviación estándar y el coeficiente de variación.

En la tabla 29 se muestra de forma resumida el porcentaje de variación, la desviación estándar y el coeficiente de variación tanto para el largo, ancho y altura de los bloques de suelo patrón con respecto a los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido.

Tabla 27*Análisis de datos del ensayo de variabilidad dimensional de los especímenes patrón*

Especímen	Largo (mm)		Variación (mm)	Variación (%)	Ancho (mm)		Variación (mm)	Variación (%)	Altura (mm)		Variación (mm)	Variación (%)
	Largo nominal (mm)	Largo real (mm)			Ancho nominal (mm)	Ancho real (mm)			Altura nominal (mm)	Altura real (mm)		
	BP1	310.00			302.00	8.00			2.58	200.00		
BP2	310.00	303.25	6.75	2.18	200.00	194.00	6.00	3.00	120.00	112.50	7.50	6.25
BP3	310.00	304.75	5.25	1.69	200.00	195.00	5.00	2.50	120.00	112.00	8.00	6.67
BP4	310.00	303.50	6.50	2.10	200.00	194.00	6.00	3.00	120.00	118.50	1.50	1.25
BP5	310.00	303.00	7.00	2.26	200.00	194.50	5.50	2.75	120.00	111.50	8.50	7.08
BP6	310.00	303.25	6.75	2.18	200.00	192.25	7.75	3.88	120.00	112.75	7.25	6.04
Promedio:		303.29	6.71	2.16		193.63	6.38	3.19		113.00	7.25	5.83
Desviación estándar:				0.29				0.61				2.32
Dispersión (%):				13.21				19.17				39.83

Nota. Las medidas de largo, ancho y altura real que se muestran en la tabla son el promedio de las cuatro medidas tomadas por lado de cada espécimen. Elaboración propia, 2024.

Tabla 28

Análisis de datos del ensayo de variabilidad dimensional de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido

Especímen	Largo (mm)		Ancho (mm)		Ancho (mm)		Ancho (mm)		Altvura (mm)		Altvura (mm)	
	Largo	Largo	Variación	Variación	Ancho	Ancho	Variación	Variación	Altura	Altura	Variación	Variación
	nominal (mm)	real (mm)	(mm)	(%)	nominal (mm)	real (mm)	(mm)	(%)	nominal (mm)	real (mm)	(mm)	(%)
BP1	310.00	304.25	5.75	1.85	200.00	192.75	7.25	3.63	120.00	112.25	7.75	6.46
BP2	310.00	304.00	6.00	1.94	200.00	194.50	5.50	2.75	120.00	114.50	5.50	4.58
BP3	310.00	305.25	4.75	1.53	200.00	196.75	3.25	1.63	120.00	112.75	7.25	6.04
BP4	310.00	304.00	6.00	1.94	200.00	193.00	7.00	3.50	120.00	115.75	4.25	3.54
BP5	310.00	304.50	5.50	1.77	200.00	196.00	4.00	2.00	120.00	116.50	3.50	2.92
BP6	310.00	304.25	5.75	1.85	200.00	197.75	2.25	1.13	120.00	113.25	6.75	5.63
Promedio:	310.00	304.38	5.63	1.81	200.00	195.13	4.88	2.44	120.00	114.17	6.75	4.86
Desviación estándar:				0.15				1.02				
Dispersión (%):				8.31				41.88				

Nota. Las medidas de largo, ancho y altura real que se muestran en la tabla son el promedio de las cuatro medidas tomadas por lado de cada espécimen. Elaboración propia, 2024.

Tabla 29

Resumen de los resultados del ensayo de variación dimensional de los bloques con y sin adición

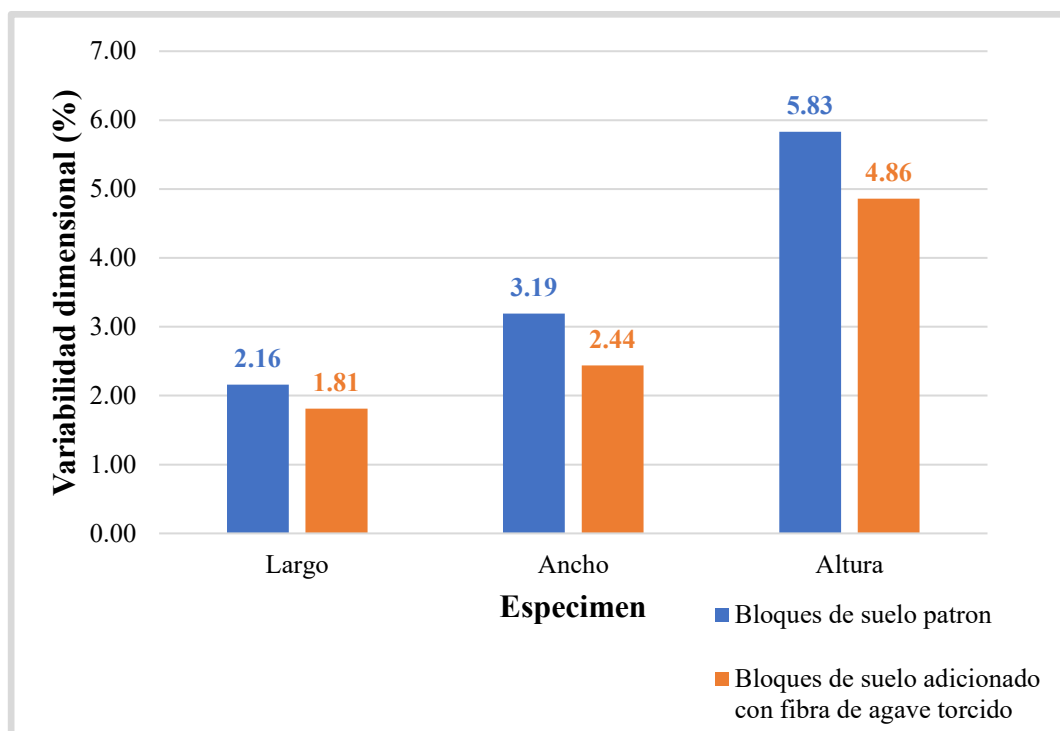
	Bloques de suelo patrón			Bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido		
	Largo	Ancho	Altura	Largo	Ancho	Altura
Promedio del porcentaje de variación (%)	2.16	3.19	5.83	1.81	2.44	4.86
Desviación estándar	0.29	0.61	2.32	0.15	1.02	1.42
Coefficiente de variación (%)	13.21	19.17	39.83	8.31	41.88	29.28

Nota. Para el cálculo del promedio de variación se trabajó con los seis especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

A continuación, de manera gráfica, se muestran los resultados del ensayo de variación dimensional. En la figura 111, se visualiza los resultados del porcentaje de variación dimensional del largo, ancho y altura de los bloques de suelo patrón con respecto a los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido.

Figura 111

Variación dimensional del largo, ancho y altura de los especímenes patrón y los adicionados.



Nota. Los valores mostrados del porcentaje de variación dimensional de los especímenes, son resultados del promedio de los seis especímenes ensayados según su tipo. Elaboración propia, 2024.

De la figura anterior se puede interpretar que el promedio de la variabilidad dimensional en (%) tanto para el espécimen patrón y adicionado con fibra de agave torcido es 2,16 y 1,81 para el largo; 3,19 y 2,44 para el ancho y 5,83 y 4,86 para la altura. Los especímenes adicionados con fibra de agave torcido presentaron una reducción en sus dimensiones con respecto a los especímenes patrón de 0,35 para el largo, 0,75 para el ancho y 0,97 para la altura.

Interpretación de los resultados

Del gráfico presentado anteriormente, se puede apreciar que la mayor variabilidad de dimensiones se da en la altura, luego en el ancho y finalmente en el largo. Asimismo, se puede analizar que los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido presentan una menor reducción en sus dimensiones en comparación a los bloques de suelo patrón. Esto demuestra que la adición de fibras de agave torcido en forma de cuerdas al interior de los bloques de suelo, contribuye a la reducción de las propiedades de contracción y superación, evitando las deformaciones que pueden presentarse en el bloque de suelo y preservando su forma.

El principal factor de la variabilidad dimensional de los bloques de suelo, se dio por el mismo material de suelo utilizado, debido al porcentaje de arcillas que contenía. Al momento de la preparación del barro, estas arcillas comenzaron a expandirse en la humedad y luego durante el proceso de secado de la unidad empezaron a contraerse. Es decir, mientras más arcilla contenga el suelo, mayor será la contracción de las unidades. Otro factor de la variación de las dimensiones de las unidades se dio por los materiales usados, específicamente por la gavera que fue elaborada de madera, cabe mencionar que la madera es un material poroso y al estar en contacto continuo con el agua tendió a hincharse, aumentando el volumen de la madera e incidiendo en la reducción de las medidas internas.

Alabeo

El ensayo se realizó con 12 unidades enteras, 6 corresponden a unidades patrón y los 6 restantes a unidades de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. En la tabla 30 se muestra las mediciones de la concavidad y convexidad en mm de los bloques de suelo patrón y los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido.

Tabla 30

Análisis de datos del ensayo de alabeo de los especímenes patrón y los adicionados con fibra de agave torcido

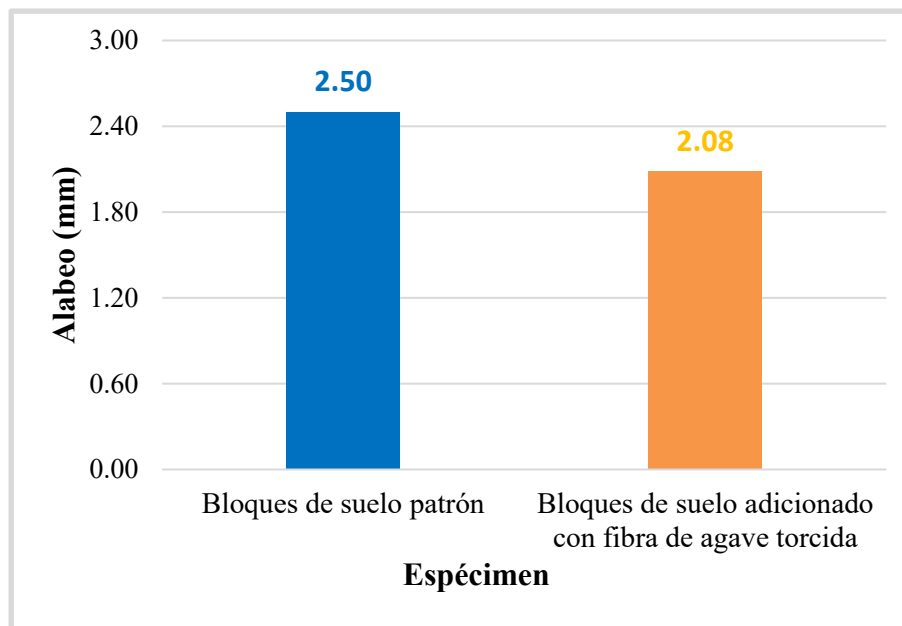
	Bloques de suelo patrón				Bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido			
	Cara Superior		Cara Inferior		Cara Superior		Cara Inferior	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00
	2.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
	3.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
	5.00	0.00	1.00	0.00	4.00	0.00	3.00	0.00
	3.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00
	2.00	0.00	1.00	0.00	2.00	0.00	2.00	0.00
Prom (mm):	3.00	0.00	1.67	0.00	2.33	0.00	1.83	0.00
Convexidad Prom (mm):	2.33				2.08			
Concavidad Prom (mm):	-				-			
Alabeo Prom (mm):	2.33				2.08			
D.E:	0.61				0.97			
C.V:	25.95				46.58			

Nota. Los bloques de suelo patrón y los adicionados con fibra de agave torcido no presentaron convexidad en ninguna de sus caras. Elaboración propia, 2024.

En la figura 112, se muestran de manera gráfica los resultados del ensayo de alabeo de los bloques de suelo patrón y los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido.

Figura 112

Comparación del ensayo de alabeo de los especímenes patrón y los especímenes adicionados con fibra de agave torcido



Nota. El valor de color azul, representa el alabeo del bloque patrón y el valor de color naranja es el alabeo del bloque adicionado con fibra de agave torcido. Elaboracion propia, 2024.

Interpretacion de los resultados

De los resultados que se observan de manera gráfica en la figura 112, se puede analizar que los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido, presentan una reducción del 16,8 % del alabeo en comparación a los bloques de suelo patrón. Estos resultados demuestran que la adición de fibras de agave torcido en los bloques de suelo aporta a la reducción del alabeo de las unidades. Asimismo, se observó que tanto las unidades patrón y como las adicionadas con fibra de agave torcido no presentaron alabeo tipo convexo en las superficies de asiento. El alabeo tiende a presentarse como consecuencia de dos condiciones, la primera es la materia prima que se da principalmente debido exceso de cal, carbono y feldespatos en la mezcla, no siendo el caso en la presente investigación y el segundo es el proceso de producción del espécimen, esto se da mayormente por el mal amasado de la mezcla y la mala colocación de esta misma en el molde, asimismo la mala manipulación en el desmoldeo de la unidad y el traslado incorrectamente al lugar de secado.

Es indispensable que el alabeo de las unidades sea mínimo, ya que de este factor dependerá el espesor de la junta del muro, a mayor grosor de las juntas de mortero, menor resistencia a compresión y a fuerza cortante. San Bartolome et al. (2028) menciona que el mayor alabeo (concavidad o convexidad) en la unidad resulta en una junta de mayor espesor. Además, puede ocasionar una disminución en la adherencia con el mortero debido a la formación de huecos en las áreas más curvadas. Incluso, podría generar fallos por tracción debido a la flexión en la unidad, especialmente bajo la carga ejercida por las hileras superiores de la albañilería.

Succión

Para la realización de este ensayo se tomaron 12 especímenes, 6 unidades corresponden a bloques de suelo patrón y las 6 unidades restantes a bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. En la tabla 31 se muestran los resultados del ensayo de succión de cada una de las unidades según su tipo.

Tabla 31

Análisis de datos del ensayo de succión de los especímenes patrón y los especímenes adicionados con fibra de agave torcido

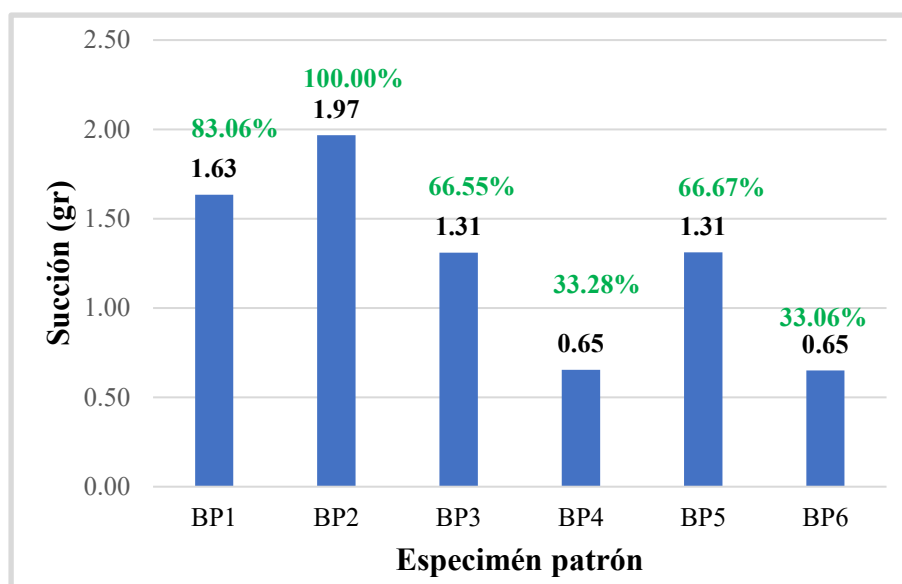
	Especímen (N°)	Peso		Largo (cm)	Ancho (cm)	Area Bruta (L x A)	W (gr)	X (gr)
		Peso seco (gr)	Peso con agua Succionada (1 min.)					
Bloque patrón	BP1	12038.00	12043.00	30.60	20.00	612.00	5.00	1.63
	BP2	11867.00	11873.00	30.50	20.00	610.00	6.00	1.97
	BP3	12355.00	12359.00	30.40	20.10	611.04	4.00	1.31
	BP4	12590.00	12592.00	30.40	20.10	611.04	2.00	0.65
	BP5	12199.00	12203.00	30.50	20.00	610.00	4.00	1.31
	BP6	12393.00	12395.00	30.60	20.10	615.06	2.00	0.65
						Promedio:	3.85	1.25
						D.E:		0.53
						C.V: (%)		41.93
Bloque adicionado	BA1	12126.00	12130.00	30.20	20.00	604.00	4.00	1.32
	BA2	12581.00	12583.00	30.50	20.10	613.05	2.00	0.65
	BA3	12247.00	12250.00	30.40	20.00	608.00	3.00	0.99
	BA4	12343.00	12345.00	30.60	20.10	615.06	2.00	0.65
	BA5	12662.00	12665.00	30.50	20.10	613.05	3.00	0.98
	BA6	12652.00	12654.00	30.40	20.00	608.00	2.00	0.66
						Promedio:	2.67	0.88
						D.E:		0.27
						C.V: (%)		31.19

Nota. W es la diferencia entre el peso seco y el peso con agua succionada, luego del minuto de contacto con el agua y X es la succión del agua del espécimen en gramos, en una base de 200 cm² por minuto . Elaboración propia, 2024.

A continuación, se presentan de manera gráfica los resultados del ensayo de succión en gramos. En la figura 113 se observa los resultados de la succión en gramos de los especímenes patrón, en la figura 114 los resultados de la succión en gramos de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y en la figura 115 los resultados de la comparación de la succión en gramos de los especímenes patrón con respecto a los especímenes adicionados con fibra de agave torcido

Figura 113

Succión de bloques de suelo patrón

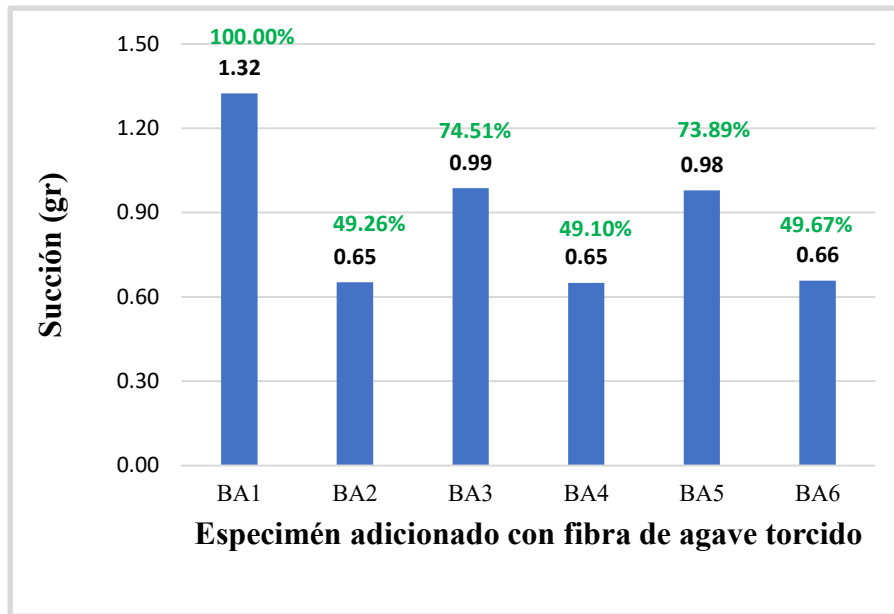


Nota. Los valores de color verde son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor succión alcanzada entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

De la figura anterior, se puede analizar que la succión mayor fue de 1,97 g para el espécimen BP2; mientras que la menor succión fue de 0,65 g para el espécimen BP4 y BP6. Asimismo, los especímenes BP3 y BP5 registraron una succión igual de 1,31 g para ambos. El promedio de los seis especímenes ensayados dio un valor de 1,25 g, con una desviación estándar de 0,53 % y un coeficiente de variación de 41,93 %.

Figura 114

Succión de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido

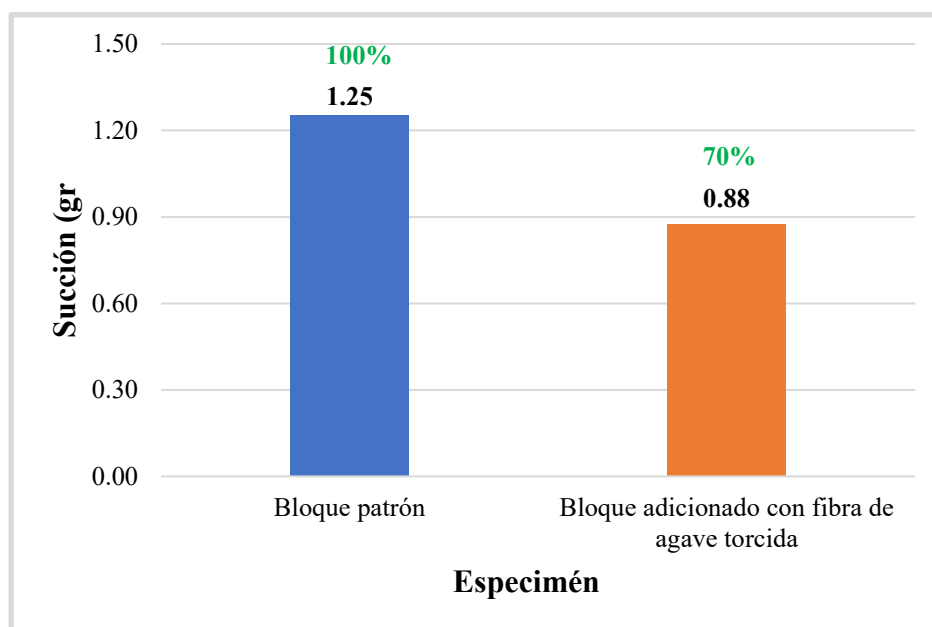


Nota. Los valores de color verde son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor succión alcanzada entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

De la figura anterior, se puede analizar que la succión mayor fue de 1,32 g para el espécimen BA1; mientras que la menor succión fue de 0,65 g para el espécimen BA2 y BA4. Asimismo, para los especímenes BA3, BA5 y BA6 se registraron una succión igual de 0,99, 0,98 y 0,66 g. El promedio de los seis especímenes ensayados dio un valor de 0,88 g, con una desviación estándar de 0,27 % y un coeficiente de variación de 31,19 %.

Figura 115

Comparación de la succión entre el bloque patrón y el bloque adicionado con fibra de agave torcido.



Nota. El valor de color azul representa la succión promedio de los especímenes patrón, el valor de color naranja es la succión promedio de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y los valores de color verde es el porcentaje de incidencia respecto a la mayor succión. Elaboración propia, 2023.

Del grafico anterior, se observa que la succión promedio de los especímenes patrón es de 1,25 g, mientras que la succión promedio de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido es de 0,88 g. En otras palabras, los especímenes adicionados presentan una reducción de succión del 30 % con respecto a los especímenes patrones.

Interpretacion de los resultados

La succión es la propiedad que tienen las unidades de absorber agua dependiendo del grado de porosidad que posee esta misma. De los resultados anteriores, se logró determinar que las unidades de suelo patrón succionaron mayor cantidad de agua con respecto a las unidades adicionadas con fibra de agave torcido, demostrando que las superficies de asiento de las unidades adicionadas con fibra de agave torcido no presentan una succión excesiva, lo cual va a permitir que al momento del asentado de estas mismas unidades no le quiten el agua al mortero, logrando una buena adherencia entre unidad y mortero

Cabe mencionar que la succión es necesaria para poder lograr una buena adherencia entre la unidad y el mortero, pero si esta es excesiva, al momento del asentado de las unidades, esta absorberá de manera rápida el agua de mortero, impidiendo un contacto complejo e íntimo con la cara de la siguiente unidad. Obteniendo como resultado una adherencia pobre, dejando uniones de baja resistencia y permeables al agua

Absorción

Para el ensayo de absorción, se tomaron 12 especímenes, 6 de ellas pertenecen a unidades de suelo patrón y los 6 restantes a unidades de suelo adicionadas con fibra de agave torcido, No se logró obtener resultados, debido a que los bloques tanto patrón y adicionados, no superaron la prueba de sumersión en agua por 24 h, se deshicieron en el recipiente.

Resistencia a la comprensión

Este ensayo se realizó en 6 cubos patrón de arista de 10 cm. Los resultados de la resistencia a la comprensión de cada uno de los seis especímenes ensayados se visualizan en la tabla 32 en donde se muestra la edad de los especímenes, sus dimensiones, el área, la carga máxima, la resistencia a comprensión individual y promedio, también la desviación estándar,

el coeficiente de variación y por último la resistencia característica a compresión. Asimismo, se muestran los resultados de manera gráfica, realizando una comparación de los resultados entre los seis especímenes ensayados, también se compara estos resultados con la resistencia última que establece la Norma E.080, la cual menciona que debe ser igual a $10,2 \text{ kgf/cm}^2$, véase en la figura 116.

Tabla 32

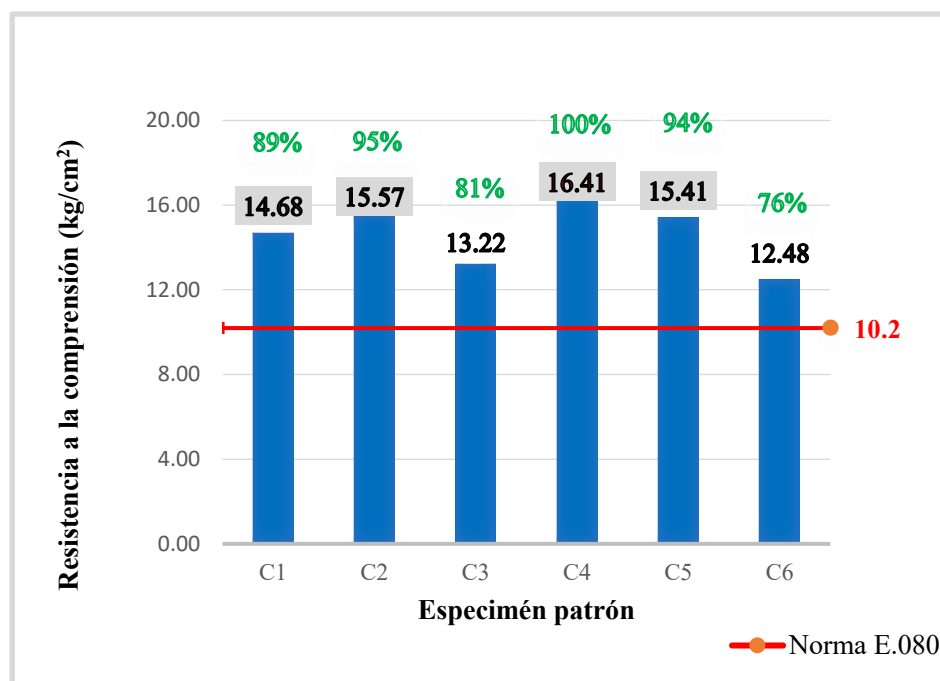
Análisis de datos de la resistencia a compresión de cada uno de los especímenes

Especímen	Edad (días)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Área (cm ²)	Carga Máxima (Kg)	Resistencia individual a compresión Rc (Kg/cm ²)
C1	28.00	10.00	10.10	10.00	101.00	1482.90	14.68
C2	28.00	10.20	10.00	10.10	102.00	1587.70	15.57
C3	28.00	10.20	10.20	10.00	104.04	1375.00	13.22
C4	28.00	10.10	10.10	10.00	102.01	1674.20	16.41
C5	28.00	10.10	10.00	10.00	101.00	1556.10	15.41
C6	28.00	10.00	10.20	10.00	102.00	1272.70	12.48
						Promedio:	14.63
						D.E:	1.50
						C.V. (%):	10.27
C1	28.00	10.00	10.10	10.00	101.00	1482.90	14.68
C2	28.00	10.20	10.00	10.10	102.00	1587.70	15.57
C4	28.00	10.10	10.10	10.00	102.01	1674.20	16.41
C5	28.00	10.10	10.00	10.00	101.00	1556.10	15.41
						Resistencia a compresión promedio Rc (Kg/cm²):	15.52
						Desviación estándar (Kg/cm²):	0.71
						Coefficiente de variación (%):	4.58
						Resistencia característica a compresión Rc (Kg/cm²):	14.81

Nota. El promedio de los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados, menos la desviación estándar, nos dio como resultado la resistencia característica a compresión. Elaboración propia, 2024.

Figura 116

Resistencia a la compresión de los especímenes



Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a resistencia a la compresión; los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre los especímenes ensayados y el valor de color rojo, la resistencia mínima establecida en la Norma E.080. Elaboración propia, 2024.

Los resultados que se obtuvieron fueron 14,68 kgf/cm² para el C1, 15,57 kgf/cm² para el C2, 13,22 kgf/cm² para el C3, 16,41 kgf/cm² para el C4, 15,41 kgf/cm² para el C5 y 12,48 kgf/cm² para el C6. Realizando una comparación del espécimen de menor resistencia, que viene a ser la muestra C6 con un valor de 12,48 kgf/cm², se supera en un 22,35 % de lo que estipula la norma y si realizamos la comparación con el espécimen de mayor resistencia, que viene a ser la muestra C4 con un valor de 16,41 kgf/cm², se supera en un 60,88 % de lo que estipula la norma. El promedio de las cuatro mejores resistencias de los seis cubos ensayados fue 15.52

kgf/cm², con una desviación estándar de 0,71 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 4,58 %. Asimismo, la resistencia característica a compresión promedio es 14,81 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro, con este valor se supera en un 45,20 % la resistencia última de la Norma E.080

Interpretación de los resultados

De los resultados del gráfico anterior, se puede interpretar que todas las muestras superan significativamente a la resistencia última que estipula la Norma E.080, la cual menciona que debe ser igual a 10,2 kgf/cm². La resistencia característica a compresión promedio fue 14,81 kgf/cm², este valor viene a hacer el resultado de la resistencia a compresión promedio, menos la desviación estándar. Según (Bartolomé et al; 2018, pp. 58-59). “Restar una desviación estándar al valor promedio implica estadísticamente que al menos el 84 % de las unidades sometidas a ensayo mostrarán una resistencia superior al valor característico”. Con este valor se supera a la Normativa en un 45,20 % respectivamente, expresando la calidad de la unidad ensayada. Se puede concluir, que los especímenes poseen mayor densidad y durabilidad. Asimismo, la tierra usada posee buenas propiedades para ser usada en la construcción de muros.

Las fallas que presentaron los especímenes al aplicarle la carga máxima de rotura fueron grietas y fisuras verticales, las cuales se presentaron en las esquinas, en los centros y alrededor de todo el cuerpo del cubo, con excepción de un espécimen que presentó aplastamiento local en la parte inferior del cubo, ver figura 117 y 118.

Figura 117

Fallas en cubos de arista de 10 cm



Nota. El agrietamiento apareció mayormente en las esquinas de los especímenes.

Archivo fotográfico propio, 2024.

Figura 118

Fallas de los seis cubos



Nota. El cubo C05 presento una falla de aplastamiento local en la parte inferior, los demás presentaron grietas y fisuras en las esquinas y al centro del cubo. Ninguno de los cubos llego a desintegrarse. Archivo fotográfico propio, 2024

Resistencia a tracción por flexión (M_r) o módulo de ruptura

Para la realización del ensayo de flexión, se tomaron 12 especímenes, 6 de ellos patrones, y los 6 restantes adicionados con fibra de agave torcido. En la tabla 33 se presentan los cálculos de las resistencias a la flexión de cada uno de los especímenes ensayados según su tipo, en donde se observa el número de espécimen, la carga aplicada en el punto medio del adobe en kgf y MPa, las dimensiones del ancho y altura del espécimen en cm, la longitud entre apoyos en cm, la flexión individual de cada espécimen en kgf/cm² y MPa, la flexión promedio de los cuatro mejores valores de los seis ensayados en kgf/cm² y MPa, la desviación estándar en kgf/cm², el coeficiente de variación en % y por último la resistencia característica a flexión promedio en kgf/cm² y MPa. Asimismo, se presentan los resultados de manera gráfica, en la figura 119 se observa los resultados de la resistencia a la flexión de cada uno de los especímenes patrón, en la figura 120 los resultados de la resistencia a flexión de cada uno de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y en la figura 121 los resultados de la comparación de la flexión de los especímenes patrón con respecto a los especímenes adicionados con fibra de agave torcido.

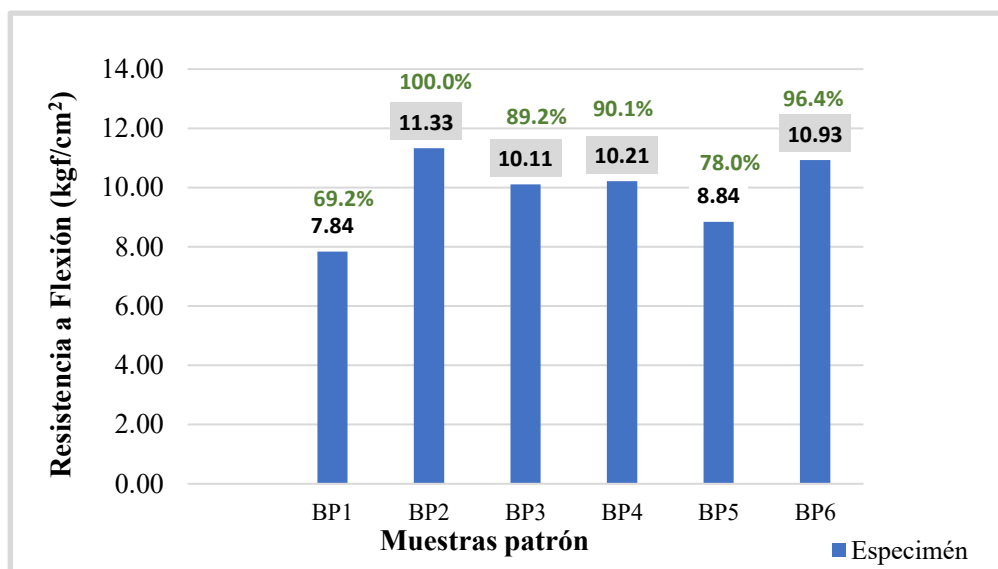
Tabla 33*Análisis de datos del ensayo de flexión de los especímenes*

	Especimen (N°)	Carga aplicada en punto medio del adobe		Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud entre apoyos (Ls) cm	Flexión individual	Flexión individual
		P (Kgf)	P (KN)				Mr (Mpa)	Mr (Kgf/cm2)
Bloque de suelo patrón	BP1	533.60	5.23	19.70	11.20	24.20	0.077	7.838
	BP2	758.50	7.43	19.80	11.10	24.30	0.111	11.333
	BP3	688.60	6.75	19.80	11.20	24.30	0.099	10.106
	BP4	668.60	6.55	19.80	11.00	24.40	0.100	10.214
	BP5	578.10	5.67	19.70	11.00	24.30	0.087	8.840
	BP6	744.70	7.30	19.80	11.20	24.30	0.107	10.929
						Resistencia promedio a flexión (Mr):	0.104	10.645
						Desviación estándar (kg/cm²):	0.006	0.586
						Coefficiente de variación (%):	5.506	5.506
						Resistencia característica promedio (Mr):	0.099	10.059
Bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido	BA1	719.50	7.05	19.70	11.00	24.30	0.108	11.002
	BA2	732.50	7.18	19.60	11.00	24.30	0.110	11.258
	BA3	546.80	5.36	19.50	11.00	24.50	0.083	8.517
	BA4	606.40	5.94	19.60	11.50	24.50	0.084	8.597
	BA5	675.80	6.62	19.60	11.00	24.50	0.103	10.472
	BA6	532.20	5.22	19.90	10.90	24.70	0.082	8.340
						Resistencia promedio a flexión (Mr):	0.101	10.332
						Desviación estándar (kg/cm²):	0.012	1.202
						Coefficiente de variación (%):	11.634	11.634
						Resistencia característica promedio (Mr):	0.089	9.130

Nota. Los números de color negrita son los 4 mejores valores de los 6 especímenes ensayados según su tipo. Elaboración propia, 2024.

Figura 119

Resistencia a flexión de los especímenes patrón



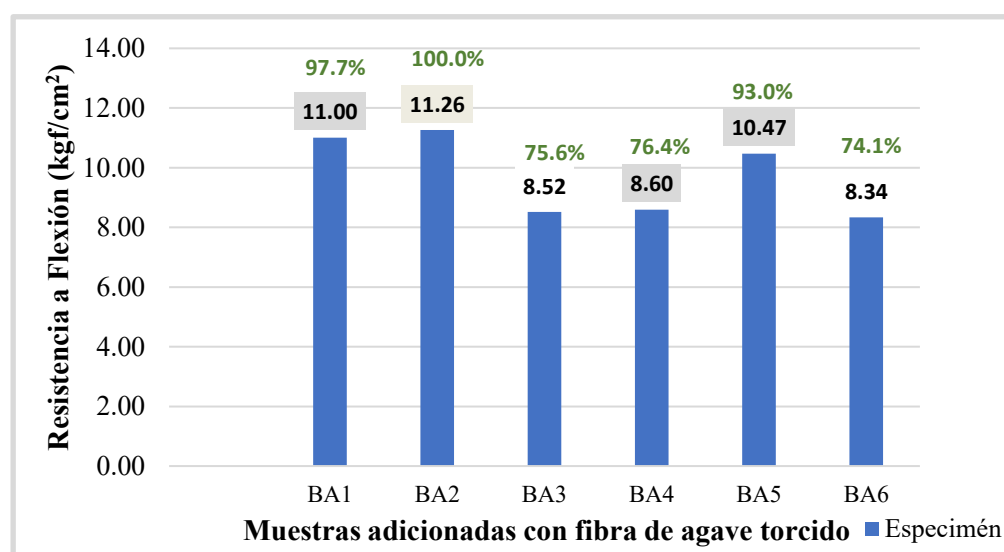
Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a resistencia a la flexión; los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

En el gráfico anterior, se muestra la resistencia a la flexión de cada uno de los bloques de suelo patrón. Se puede observar que el espécimen BP1 tiene un valor 7,84 kgf/cm², BP2 un valor de 11,33 kgf/cm², BP3 un valor de 10,11 kgf/cm², BP4 un valor 10,21 kgf/cm², el BP5 un valor de 8,84 kgf/cm² y el BP6 un valor de 10,93 kgf/cm². El espécimen con mayor resistencia a flexión es el BP2 con un valor 11,33 kgf/cm² y el espécimen con menor resistencia es el BP1 con un valor de 7,84 kgf/cm². El promedio de las cuatro mejores resistencias de los seis especímenes ensayados fue 10,65 kgf/cm², con una desviación estándar de 0,59 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 5,51 %. Asimismo, la resistencia característica a flexión

promedio es 10,06 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro.

Figura 120

Resistencia a flexión de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido



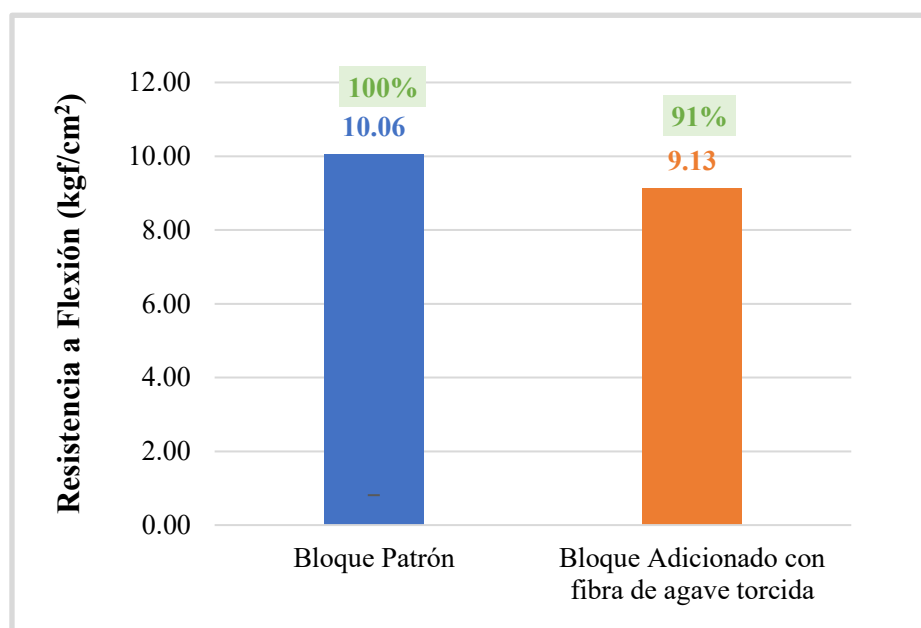
Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a resistencia a la flexión y los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

En la figura 120 se muestran la resistencia a la flexión. En la cual, se observa que el espécimen BA1 tiene un valor 11,00 kgf/cm², BA2 un valor de 11,26 kgf/cm², BA3 un valor de 8,52 kgf/cm², BA4 un valor 8,60 kgf/cm², el BA5 un valor de 10,47 kgf/cm² y el BA6 un valor de 8,34 kgf/cm². El espécimen con mayor resistencia a flexión es el BA2 con un valor 11,26 kgf/cm² y el espécimen con menor resistencia es el BA6 con un valor de 8,34 kgf/cm².

El promedio de las cuatro mejores resistencias de los seis especímenes ensayados dio un valor de 10,33 kgf/cm², con una desviación estándar de 1,20 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 11,63 %. Asimismo, la resistencia característica a flexión promedio es 9.13 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro.

Figura 121

Comparación de la resistencia característica a flexión de los bloques patrón y los bloques adicionados con fibra de agave torcido



Nota. El valor de color azul, representa la resistencia característica a flexión promedio de las muestras patrón ensayadas; el valor de color naranja, representa la resistencia característica a flexión promedio de las muestras adicionadas con fibra de agave torcido ensayadas y los valores sombreados de color verde son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia característica a flexión promedio alcanzada de los bloques de suelo según su tipo. Elaboración propia, 2024.

Del grafico anterior se puede apreciar que la resistencia característica a flexión promedio de los bloques patrón y los adicionados con fibra de agave torcido es de 10,06 kgf/cm² y 9,13 kgf/cm² respectivamente. Los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido presentaron una reducción a resistencia a la flexión de 0,93 kgf/cm², en otras palabras, tienen una resistencia menor de 9 % con respecto al bloque patrón.

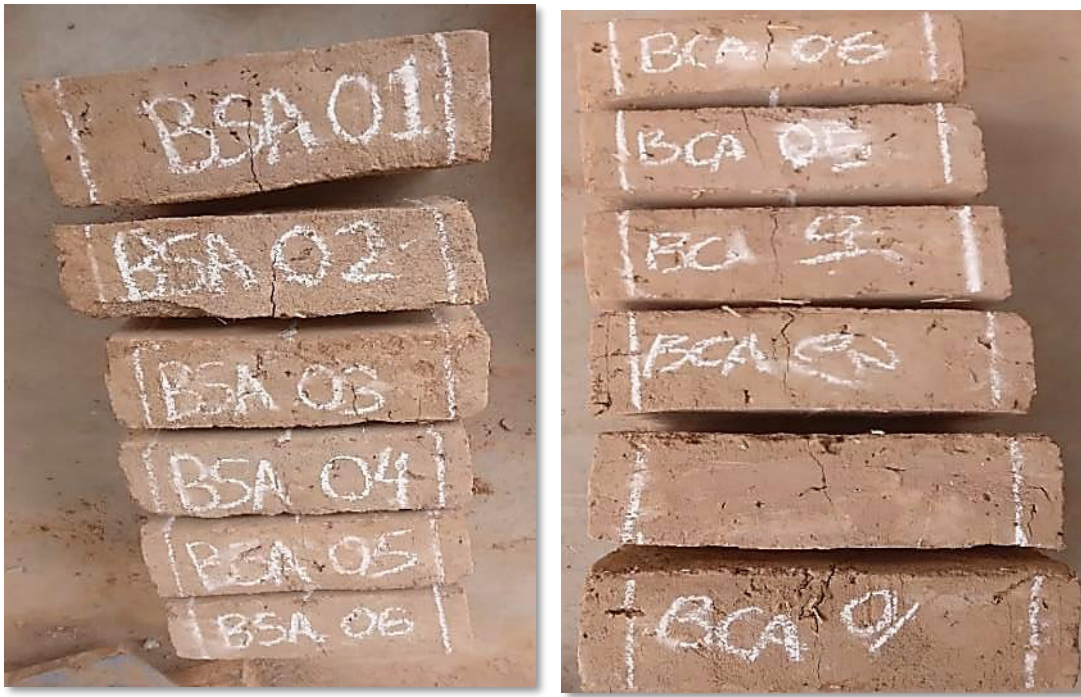
Interpretación de los resultados

De los resultados de los gráficos anteriores, se puede interpretar que la resistencia a la compresión promedio de los especímenes patrón y los adicionados con fibra de agave torcido es de 10,65 kgf/cm² y 10,33 kgf/cm², con una desviación estándar de 0,59 kgf/cm² y 1,20 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 5,51 % y 11,63 %, obteniendo como resultado una resistencia característica promedio a flexión es de 10,06 kgf/cm² y 9,13 kgf/cm². Los bloques de suelo patrón, poseen mayor resistencia a flexión en un 0.93 kgf/cm², en otras palabras, es más resistente en un porcentaje de 9 % con respecto a los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido, es decir la colocación de fibras de agave torcido de manera diagonal con el amarre de una fibra de manera perpendicular en cada cruce de las diagonales disminuyo la resistencia a flexión de los bloques de suelo.

Las fallas que ocurrieron al momento de aplicar la carga máxima de ruptura se muestran en la figura 122, cabe mencionar que ningún bloque presento ruptura a la mitad del bloque.

Figura 122

Fallas en especímenes según su tipo



(a)

(b)

Nota. (a) Fisuras en la parte central de los especímenes patrón y (b) fisuras en parte central de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido, siendo estas más notorias que los especímenes patrón. Archivo fotográfico propio, 2024.

Resistencia a la compresión axial

De los 12 ensayos realizados, 6 de ellos corresponden a pilas patrón y los 6 restantes a pilas adicionada con fibra de agave y con doble refuerzo horizontal en cada junta, se obtuvo una data de carga y deformación respectiva. Con la carga máxima de rotura de cada pila, dividido entre el área transversal se calculó el esfuerzo máximo de compresión de cada pila (F_m), como se observa en la tabla 34

Tabla 34

Resistencia máxima a compresión axial en pilas patrón y en pilas adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta

	Pila N°	Edad (días)	Dimensiones (cm)			Área (cm ²)	P _{máx} (Kgf)	Resistencia individual
			l	h	t			máxima a compresión axial F _m (kgf/cm ²)
Pilas con bloques de suelo patrón	PP-1	28	30.40	71.50	19.80	601.92	7487	12.44
	PP-2	28	30.40	72.00	20.00	608.00	9174	15.09
	PP-3	28	30.70	72.00	19.80	607.86	7029	11.56
	PP-4	28	30.70	71.00	19.80	607.86	8399	13.82
	PP-5	28	30.80	74.60	19.60	603.68	8786	14.55
	PP-6	28	30.80	72.50	19.70	606.76	7877	12.98
Pilas con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcida y con doble refuerzo horizontal en cada junta	PA-1	28	30.40	76.40	19.70	598.88	8764	14.63
	PA-2	28	30.00	76.00	19.70	591.00	9238	15.63
	PA-3	28	30.40	75.80	20.00	608.00	8630	14.19
	PA-4	28	30.50	76.00	20.00	610.00	8655	14.19
	PA-5	28	30.70	76.50	19.80	607.86	8058	13.26
	PA-6	28	30.50	76.00	20.00	610.00	8197	13.44

Nota. La mayor resistencia a compresión axial se obtuvo del espécimen adicionado PA-2 con un valor de 15.63 (kgf/cm²) y la menor resistencia a compresión axial fue del espécimen patrón PP-3 con un valor de 11.56 (kgf/cm²)

Cálculo de resistencia característica promedio ($F'm$)

Una vez obtenidos los valores de resistencia máxima axial de cada pila según su tipo, se procedió a realizar los cálculos de las resistencias características de cada pila ensayada de acuerdo al procedimiento indicado por la Norma E.070. Se comenzó corrigiendo los valores de resistencia máxima mediante factores de corrección por esbeltez que se obtuvieron a partir de una tabla propuesta por la Norma y que se muestra en la tabla 35. Luego, a partir de las resistencias a compresión corregidas se calculó el valor promedio de las cuatro mejores resistencias de las seis ensayadas y asimismo la desviación estándar respectiva. Finalmente, la desviación estándar se restó a la resistencia promedio de las cuatro mejores resistencias de las seis ensayadas y se obtuvo la resistencia característica a compresión promedio como se observa en la tabla 36.

Tabla 35

Factores de corrección altura/espesor para la resistencia en compresión de prismas de albañilería

FACTORES DE CORRECCIÓN DE f'_m POR ESBELTEZ						
Esbeltez	2,0	2,5	3,0	4,0	4,5	5,0
Factor	0,73	0,80	0,91	0,95	0,98	1,00

Nota. Tabla N° 10 de la Norma Técnica Peruana E.070. Interpolarse linealmente para valores intermedios de esbeltez.

Tabla 36

Resistencia a compresión característica promedio de las pilas patrón y pilas adicionadas con fibra de agave torcido

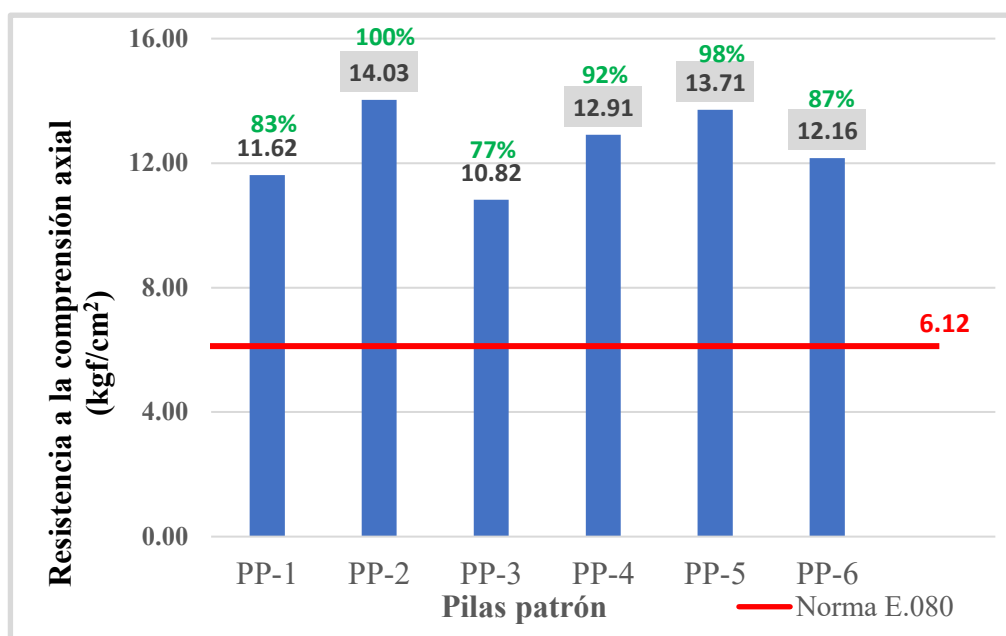
Especimen	Resistencia individual máxima a compresión axial	Esbeltez	Factor de corrección por esbeltez	Resistencia individual a compresión axial corregida	Resistencia promedio de las 4 mejores resistencias de las 6 ensayadas	Desviación Estándar	Resistencia a compresión característica promedio	Coeficiente de variación
Pilas con bloques de suelo patrón	PP-1	12.44	3.61	0.930	11.57			
	PP-2	15.09	3.60	0.930	14.03			
	PP-3	11.56	3.64	0.940	10.87	13.19	0.82	12.37
	PP-4	13.82	3.59	0.930	12.85			
	PP-5	14.55	3.81	0.940	13.68			
	PP-6	12.98	3.68	0.940	12.20			
Pilas con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y doble refuerzo horizontal en las juntas	PA-1	14.63	3.88	0.945	13.83			
	PA-2	15.63	3.86	0.944	14.76			
	PA-3	14.19	3.79	0.942	13.37	13.83	0.66	13.17
	PA-4	14.19	3.80	0.942	13.37			
	PA-5	13.26	3.86	0.944	12.52			
	PA-6	13.44	3.80	0.942	12.66			

Nota. Los números de color negrita, son los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados según su tipo. Elaboración propia, 2024.

A continuación, se muestran en gráficos estadísticos los resultados de los ensayos de compresión axial en kgf/cm^2 . En la figura 123 se observa los resultados de la compresión axial en kgf/cm^2 de los especímenes patrón, en la figura 124 los resultados de la compresión axial en kgf/cm^2 de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y en la figura 125 los resultados de la comparación de la compresión axial en kgf/cm^2 de los especímenes patrón con respecto a los especímenes adicionados con fibra de agave torcido.

Figura 123

Resistencia a la compresión axial corregida de pilas patrón



Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a resistencia a la compresión axial; los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre las pilas patrón ensayadas y el valor de color rojo, que se encuentra ubicado en la parte derecha del gráfico, representa la resistencia mínima establecida en la Norma E.080. Elaboración propia, 2024.

De los resultados del gráfico anterior, se puede interpretar que todas las muestras de pilas patrón superan significativamente a la resistencia última que estipula la norma E.080, la cual menciona que debe ser igual a 6.12 kgf/cm². Realizando una comparación con la pila de menor resistencia, que viene a ser la muestra PP-3 con un valor de 10.82 kgf/cm², se supera en un 43.44 % de lo que estipula la norma y si realizamos la comparación con la pila de mayor resistencia, que viene a ser la muestra PP-2 con un valor de 14.03 kgf/cm², se supera en un 56.38 % de lo que estipula la norma. El valor de la resistencia a la compresión axial promedio es 13.19 kgf/cm². Asimismo, la resistencia característica a compresión axial es 12.37 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro. Con este último valor se supera en un 50.49 % la resistencia última de la Norma E.080.

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento fue de 6,18 kgf/cm². Este valor se calculó mediante las ecuaciones de la Norma E.080 indicadas en el ítem 8.4.

$$f_m = 0,40 f'_m$$

Donde:

f'_m : Esfuerzo de compresión admisible (promedio de las cuatro mejores resistencias, menos la desviación estándar)

$$f_m = 0,40 \times 12,36 \text{ kgf/cm}^2$$

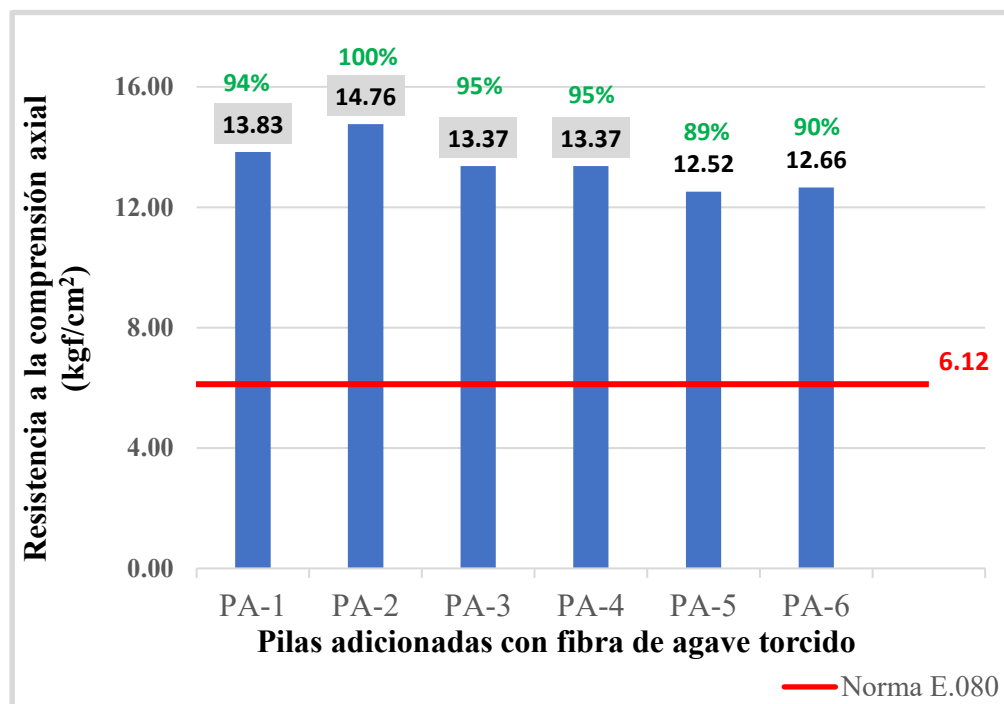
$$f_m = 4,94 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento = 1,25 f_m

$$1,25 \times 4,94 \text{ kgf/cm}^2 = 6,18 \text{ kgf/cm}^2$$

Figura 124

Resistencia a la compresión axial corregida de pilas adicionadas con fibra de agave torcido



Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a resistencia a la compresión axial; los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre las pilas adicionadas con fibra de agave torcido y el valor de color rojo, que se encuentra ubicado en la parte derecha del gráfico, representa la resistencia mínima establecida en la Norma E.080. Elaboración propia, 2024.

De los resultados anteriores se puede interpretar que, todas las muestras de pilas adicionadas con fibra de agave torcido superan significativamente a la resistencia última que estipula la norma E.080, la cual menciona que debe ser igual a 6.12 kgf/cm². Realizando una comparación con la pila de menor resistencia, que viene a ser la muestra PA-5 con un valor de

12.52 kgf/cm², se supera en un 51.12 % de lo que estipula la norma y si realizamos la comparación con la pila de mayor resistencia, que viene a ser la muestra PA-2 con un valor de 14.76 kgf/cm², se supera en un 58.54 % de lo que estipula la norma. El valor de la resistencia a la compresión axial promedio es 13.83 kgf/cm². Asimismo, la resistencia característica a compresión axial es 13.17 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro. Con este último valor se supera en un 53.53 % la resistencia ultima de la Norma E.080.

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento fue de 6,59 kgf/cm². Este valor se calculó mediante las ecuaciones de la Norma E.080 indicadas en el ítem 8.4.

$$f_m = 0,40 f'_m$$

Donde:

f'_m : Esfuerzo de compresión admisible (promedio de las cuatro mejores resistencias, menos la desviación estándar)

$$f_m = 0,40 \times 13,17 \text{ kgf/cm}^2$$

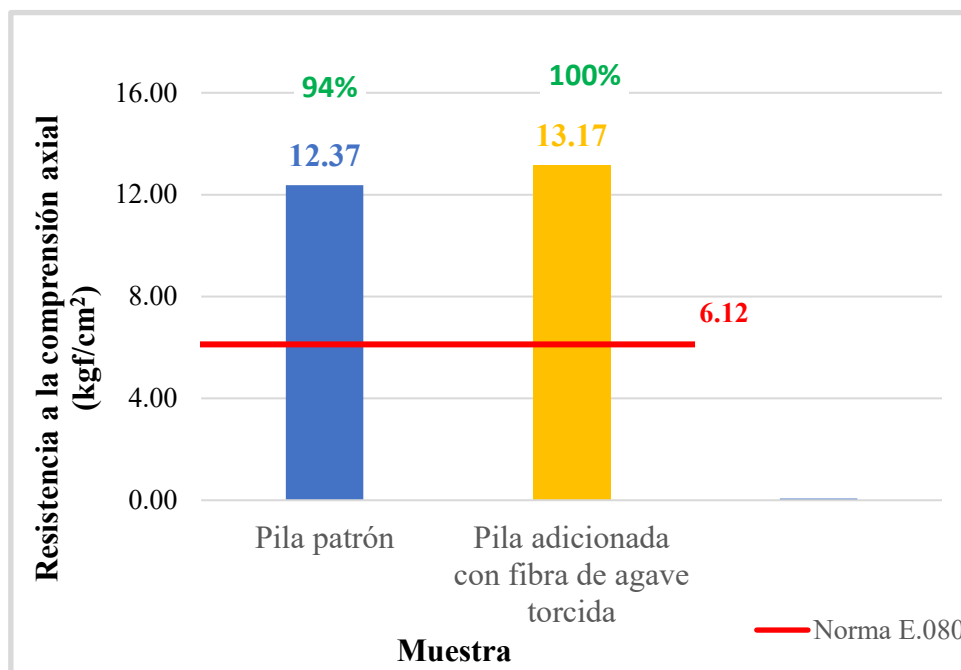
$$f_m = 5,27 \text{ kgf/cm}^2$$

Esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento = 1,25 f_m

$$1,25 \times 5,27 \text{ kgf/cm}^2 = 6,59 \text{ kgf/cm}^2$$

Figura 125

Comparación de la resistencia a la compresión axial entre pilas patrón y pilas adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta



Nota. El valor de color azul, representa la resistencia característica a compresión axial promedio de los especímenes patrón; el valor de color naranja, representa la resistencia característica a compresión axial promedio de los especímenes adicionadas con fibra de agave torcido, los valores de color verde representan el porcentaje de incidencia respecto a la mayor resistencia característica a compresión axial promedio alcanzada de las pilas según su tipo y el valor de color rojo que se encuentra a la derecha del gráfico, es la resistencia mínima establecida en la Norma E.080. Elaboración propia, 2024.

Del gráfico anterior, se puede interpretar que la resistencia característica a compresión axial promedio de las pilas patrón y las adicionadas con fibra de agave torcido es de 12,37 kgf/cm² y 13,17 kgf/cm² respectivamente. Ambos valores superan la resistencia última de la Norma E.080 que indica un valor de 6.12 kgf/cm²; las pilas adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta presentaron una mayor resistencia a la compresión axial de 0.81 kgf/cm², siendo más resistente en un porcentaje de 6 %.

Interpretación de los resultados

El valor promedio de la resistencia a la compresión axial obtenida experimentalmente de prismas patrón y adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta es de 13.19 kgf/cm² y 13.83 kgf/cm². Asimismo, el valor de la resistencia característica a compresión es de 12,37 kgf/cm² y 13,17 kgf/cm² respectivamente, con un coeficiente de variabilidad de 6,67 % y 5,00 % lo cual representa un valor de variabilidad aceptable. Los valores antes mostrados están por encima de la Norma E.080, llegando a sobrepasar en un 50,49 % y 53,53 %, se observa que la diferencia de resistencia a compresión axial entre los prismas patrón y los adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta es baja, siendo esta de 0,81 kgf/cm², y en porcentaje un 6 %.

En síntesis, los prismas adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta presentaron una mayor resistencia axial, esto se debe a que, todas las cuerdas colocadas al interior del bloque trabajaron de manera conjunta evitando la rigidez. Para entender mejor, las fibras añadidas mejoraron la resistencia del suelo y su ductilidad. Asimismo, la propiedad de elasticidad de los prismas mejoró, comportándose de forma más flexible. También se notó un control del agrietamiento, siendo la anchura del agrietamiento menor en comparación de los prismas patrón.

En las siguientes figuras 126, 127, 128, 129 y 130 se pueden observar las fallas presentadas en las pilas patrón después de ser ensayadas. Se puede notar que las pilas PP-01, PP-05 y PP-06, presentaron una falla ideal con aplastamiento en las zonas próximas a la superficie donde se aplicó la carga y se formaron grietas verticales a lo largo de cada pila, esta se da particularmente cuando aparecen componente de flexión (pandeo), las pilas PP-02 y PP-03 alcanzaron una falla ideal, es decir una grieta vertical en la cara de menor dimensión que corta tanto unidades como mortero, siendo estas las tracciones laterales, causadas por la compresión aplicada y la pila PP-04 presento una falla por aplastamiento local, principalmente en la parte inferior del espécimen.

Figura 126

Falla ideal con aplastamiento en la parte superior en PP-01



(a)

(b)

Nota. (a) Grieta vertical en la cara de menor dimensión. (b) aplastamiento en la parte superior donde se aplicó la carga, con grietas verticales. Archivo fotográfico propio, 2024.

Figura 127

Falla ideal en PP-02 y PP-03



(a)

(b)

Nota. (a) Pila PP-02 - grieta vertical en la cara de menor dimensión. (b) PP-03 – grieta vertical en la cara de mayor dimensión. Archivo fotográfico propio, 2024.

Figura 128

Falla por aplastamiento local en PP-04



Nota. Aplastamiento en la parte inferior del espécimen, con grietas verticales. Archivo fotográfico propio, 2024.

Figura 129

Falla ideal con aplastamiento en la parte superior en PP-05



(a)

(b)

Nota. (a) Grieta vertical en la cara de menor dimensión. (b) aplastamiento en la parte superior donde se aplicó la carga, con grietas verticales. Archivo fotográfico propio, 2024.

Figura 130

Falla ideal con aplastamiento en la parte superior en PP-06



(a)

(b)

Nota. (a) Grieta vertical en la cara de menor dimensión y (b) aplastamiento en la parte superior del espécimen, con grietas verticales. Archivo fotográfico propio, 2024.

En las siguientes figuras 131, 132 y 133 se aprecian las fallas que presentaron cada una de las pilas adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta, después de que se alcanzó la carga máxima de compresión axial. Las pilas PA-01 y PA-06 presentaron una falla por aplastamiento en las zonas próximas a la superficie donde se aplicó la carga y se formaron grietas verticales a lo largo de cada pila, mientras que las pilas PA-02 y PA-04 presentaron una falla por aplastamiento local principalmente en la parte inferior del espécimen y finalmente las pilas PA-03 y PA-05 tuvieron una falla ideal, es decir una grieta vertical en la cara de menor dimensión que corta tanto unidades como mortero

Figura 131

Falla por aplastamiento local en PA-01 y PA-06



(a)

(b)

Nota. (a) PA-01 aplastamiento principalmente en la parte posterior y (b) PA-06 aplastamiento en la parte posterior del espécimen, con grietas verticales. Archivo fotográfico propio, 2024.

Figura 132

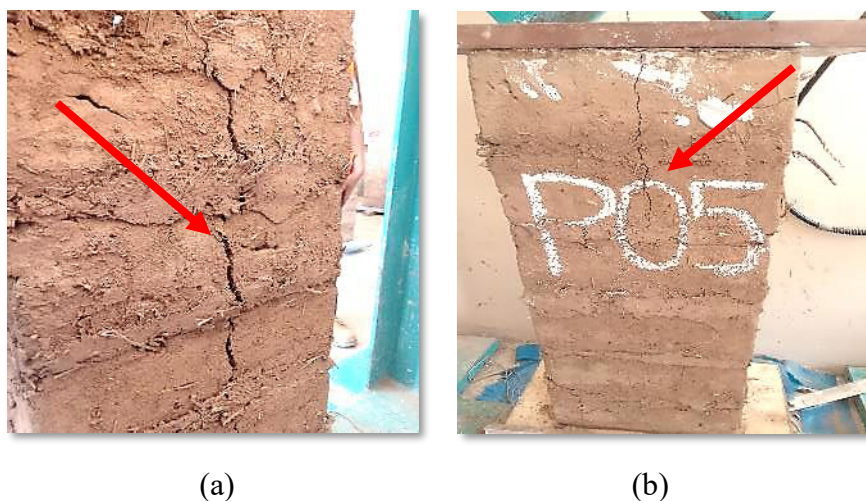
Falla por aplastamiento superior en PA-02 y PA-04



Nota. (a) PA-02 aplastamiento en la parte superior con grietas verticales y (b) PA-04 aplastamiento en la parte superior con grietas verticales desde la superficie hasta la zona central. Archivo fotográfico propio, 2024

Figura 133

Falla ideal en PA-03 y PA-05



Nota. (a) PA-03 grieta vertical que corta tanto unidades como mortero y (b) PA-05 grieta vertical que corta tantas unidades como mortero Archivo fotográfico propio, 2024

Módulo de Elasticidad (E_m)

Para determinar “ E_m ” se trabajó con la parte más lineal de la gráfica carga vertical (P) – desplazamiento axial (D), considerando desde el 20 % hasta el 50 % de la carga máxima aplicada, con dichas cargas, se definió una variación de fuerzas y deformaciones. A partir de ellos, se calculó el módulo de elasticidad.

En la tabla 37 se indican las cargas verticales y los desplazamientos axiales al 20 % y 50 % de los prismas patrón y los adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.

Tabla 37

Desplazamientos y cargas al 20 % y 50 % en prismas según su tipo

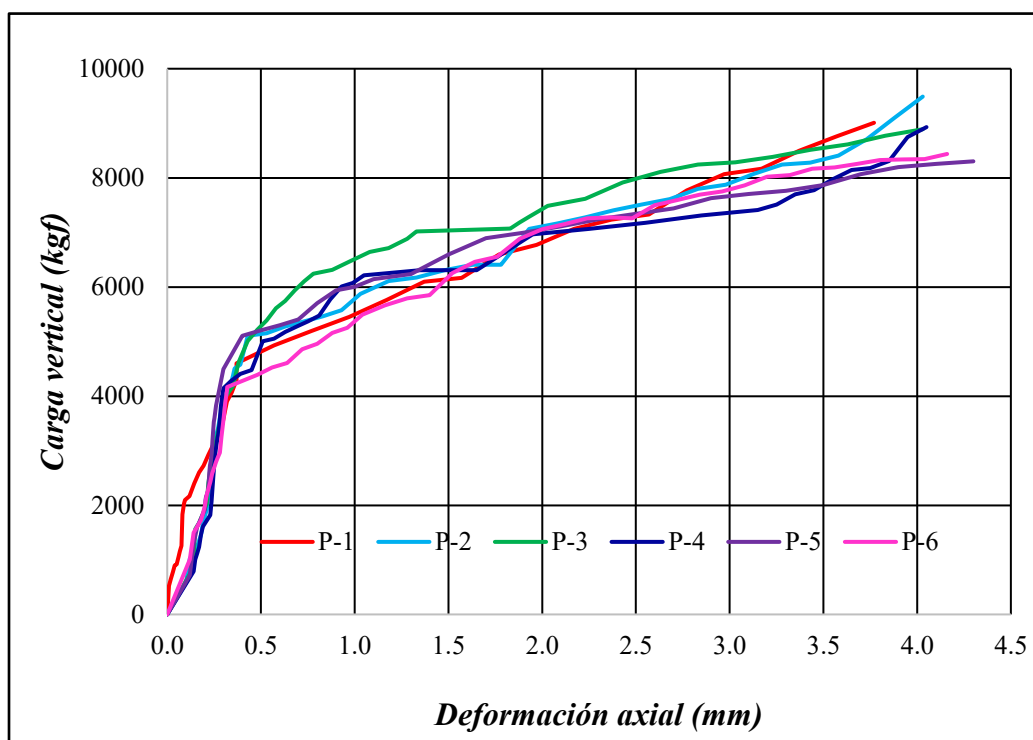
	Espécimen	Carga Máxima (kgf)	Carga aplicada		Desplazamiento axial	
			P20% (kgf)	P50% (kgf)	D20% (mm)	D50% (mm)
Prismas con bloques de suelo patrón	PP-01	7487.00	1497.40	3743.50	0.108	0.276
	PP-02	9174.00	1834.80	4587.00	0.192	0.396
	PP-3	7029.00	1405.80	3514.50	0.090	0.245
	PP-04	8399.00	1679.80	4199.50	0.147	0.332
	PP-05	8786.00	1757.20	4393.00	0.164	0.354
	PA-06	7877.00	1575.40	3938.50	0.143	0.310
Prismas con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcida y con doble refuerzo horizontal	PA-01	8764.00	1752.80	4382.00	0.193	0.378
	PA-02	9238.00	1847.60	4619.00	0.216	0.422
	PA-3	8630.00	1726.00	4315.00	0.184	0.365
	PA-04	8655.00	1731.00	4327.50	0.206	0.379
	PA-05	8058.00	1611.60	4029.00	0.179	0.341
	PA-06	8197.00	1639.40	4098.50	0.154	0.316

Nota. P20 % y P50 % son las cargas verticales y D20 % y D50 % son los desplazamientos axiales. Elaboración propia, 2024.

En la figura 134, se muestran de manera gráfica los desplazamientos generados al aplicar la carga vertical en cada uno de los especímenes patrón, en un rango que se considera elástico de 20 y 50 %

Figura 134

Carga vertical vs deformación axial en prismas patrón

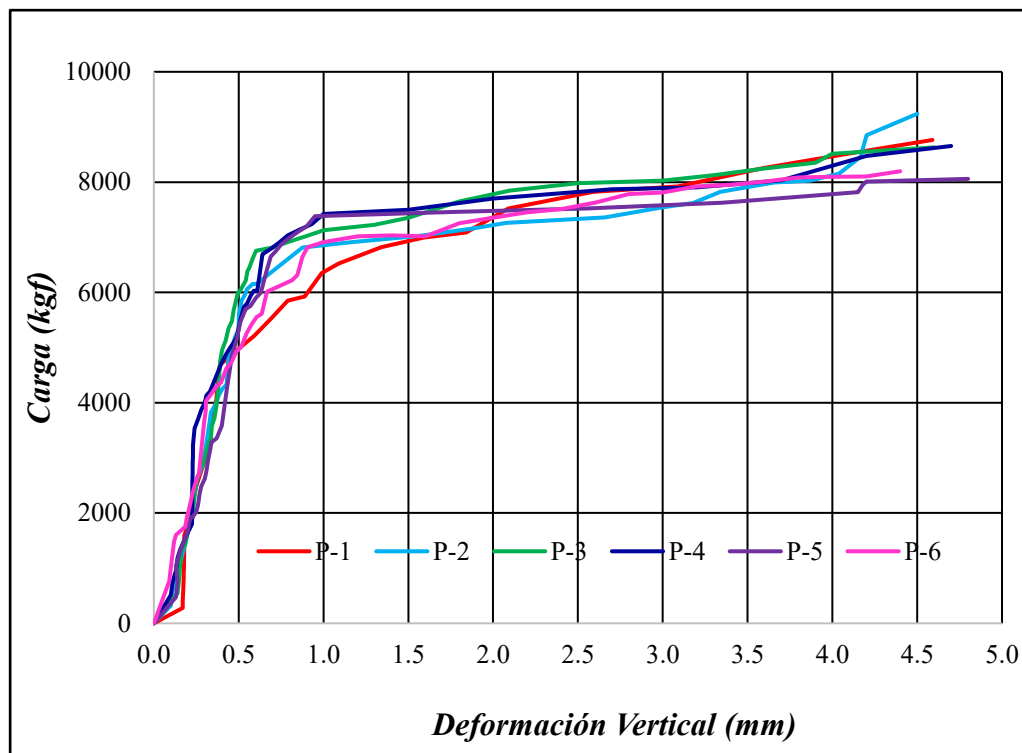


Nota. La carga se aplicó a una velocidad uniforme de 1 Ton/minuto. Elaboración propia, 2024.

En la figura 135, se muestran de manera gráfica los desplazamientos generados al aplicar la carga vertical en cada uno de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta, en un rango que se considera elástico de 20 y 50 %

Figura 135

Carga vertical vs deformación axial en prismas adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal



Nota. La carga se aplicó a una velocidad uniforme de 1 Ton/minuto. Elaboración propia, 2024.

A continuación, en la tabla 38 se muestran los resultados del módulo de elasticidad para cada uno de los prismas patrón y los prismas adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta, en donde se visualiza el número de espécimen, la carga máxima de rotura en kgf, el área del espécimen en cm^2 , la carga vertical al 20 y 50 % en kgf, el esfuerzo axial en kgf/cm^2 , el desplazamiento vertical al 20 y 50 % en mm, la longitud entre diales en mm, la deformación unitaria y por último el módulo de elasticidad en MPa y Kgf/cm^2

Tabla 38*Modulo de elasticidad en prismas según su tipo*

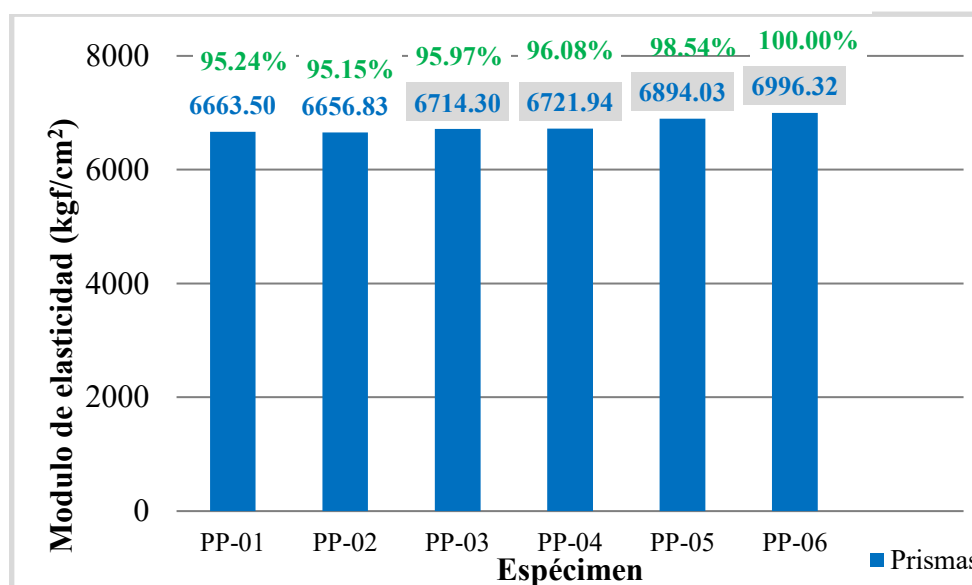
Espécimen N°	Carga máxima Kgf	Área cm ²	Carga Vertical		Esfuerzo axial $\Delta\sigma = \Delta P/A$	Desplazamiento vertical		Longitud entre diales mm	Deformación unitaria $\Delta\epsilon = \Delta D/L$	Módulo de elasticidad $E_m = \Delta\sigma/\Delta\epsilon$	
			P _{20%} Kgf	P _{50%} Kgf	$\Delta\sigma$ Kgf/cm ²	D _{20%} mm	D _{50%} mm			Mpa	kgf/cm ²
PP-01	7487	601.92	1497.4	3743.5	3.7316	0.108	0.276	300	0.00056	653.46	6663.50
PP-02	9174	608.00	1834.8	4587.0	4.5266	0.192	0.396	300	0.00068	652.81	6656.83
PP-03	7029	607.86	1405.8	3514.5	3.4691	0.090	0.245	300	0.00052	658.45	6714.30
PP-04	8399	607.86	1679.8	4199.5	4.1452	0.147	0.332	300	0.00062	659.19	6721.94
PP-05	8786	603.68	1757.2	4393.0	4.3662	0.164	0.354	300	0.00063	676.07	6894.03
PP-06	7877	606.76	1575.4	3938.5	3.8946	0.143	0.310	300	0.00056	686.10	6996.32
Módulo de elasticidad promedio (kg/cm ²):										669.95	6831.65
Desviación estándar (kg/cm ²):										13.50	137.62
Coeficiente de variación (%):										2.01	2.01
Módulo de elasticidad característico (kg/cm ²):										656.46	6694.03
PA-01	8764	598.88	1752.8	4382.0	4.3902	0.193	0.378	300	0.00062	698.16	7119.24
PA-02	9238	591.00	1847.6	4619.0	4.6893	0.216	0.422	300	0.00069	669.71	6829.14
PA-03	8630	608.00	1726.0	4315.0	4.2582	0.184	0.365	300	0.00060	692.13	7057.83
PA-04	8655	610.00	1731.0	4327.5	4.2566	0.206	0.379	300	0.00058	723.86	7381.31
PA-05	8058	607.86	1611.6	4029.0	3.9769	0.179	0.341	300	0.00054	722.22	7364.63
PA-06	8197	610.00	1639.4	4098.5	4.0313	0.154	0.316	300	0.00054	732.10	7465.39
Módulo de elasticidad promedio (kg/cm ²):										719.08	7332.64
Desviación estándar (kg/cm ²):										14.61	148.95
Coeficiente de variación (%):										2.03	2.03
Módulo de elasticidad característico (kg/cm ²):										704.48	7183.69

Nota. Los números en color negrita son los mejores valores de los seis prismas ensayados según su tipo. Elaboración propia, 2024

Seguidamente, se muestran de manera gráfica los resultados del módulo de elasticidad “Em”. En la figura 136 se observa los resultados del módulo de elasticidad de cada uno de los especímenes patrón, en la figura 137 los resultados del módulo de elasticidad de cada uno de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta y en la figura 138 los resultados de la comparación del módulo de elasticidad de los especímenes patrón con respecto a los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.

Figura 136

Módulo de elasticidad “Em” en prismas patrón



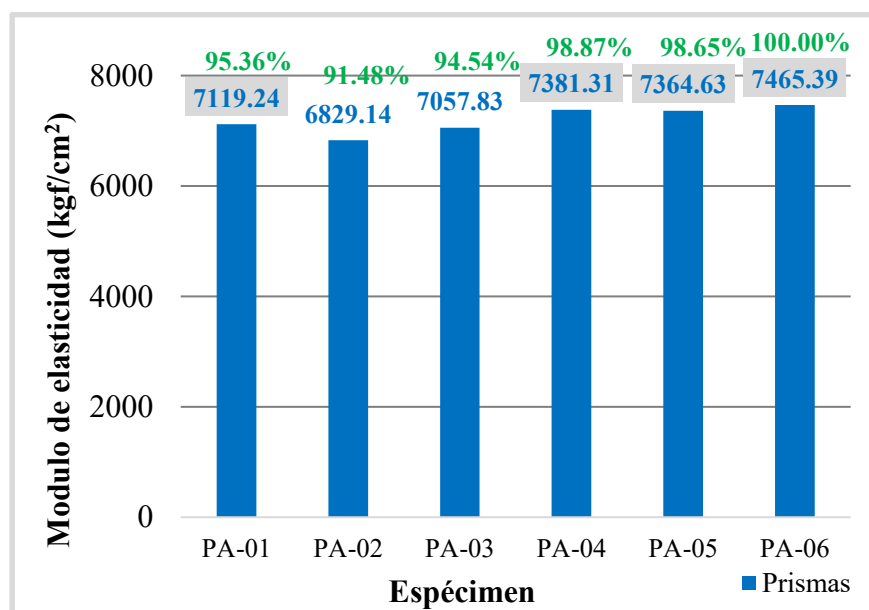
Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a módulo de elasticidad; y los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

De figura 136, se puede observar que el prisma PP-01 tiene un valor de 6663,50 kgf/cm², PP-02 un valor de 6653,83 kgf/cm², PP-03 un valor de 6714,30 kgf/cm², PP-04 un

valor de 6721,94 kgf/cm², PP-05 un valor de 6894,03 kgf/cm² y PP-06 un valor de 6996,32 kgf/cm². El prisma que presento mayor módulo de elasticidad fue PP-06 con un valor de 6996,32 kgf/cm² y el prisma con menor módulo de elasticidad fue PP-02 con un valor de 6653,83 kgf/cm². El promedio de los cuatro mejores valores de los seis prismas ensayados dio un valor de 6831.65 kgf/cm², con una desviación estándar de 137,62 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 2.01 %. Asimismo, el módulo de elasticidad característico dio un valor de 6694,03 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro.

Figura 137

Módulo de elasticidad “Em” en prismas adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta

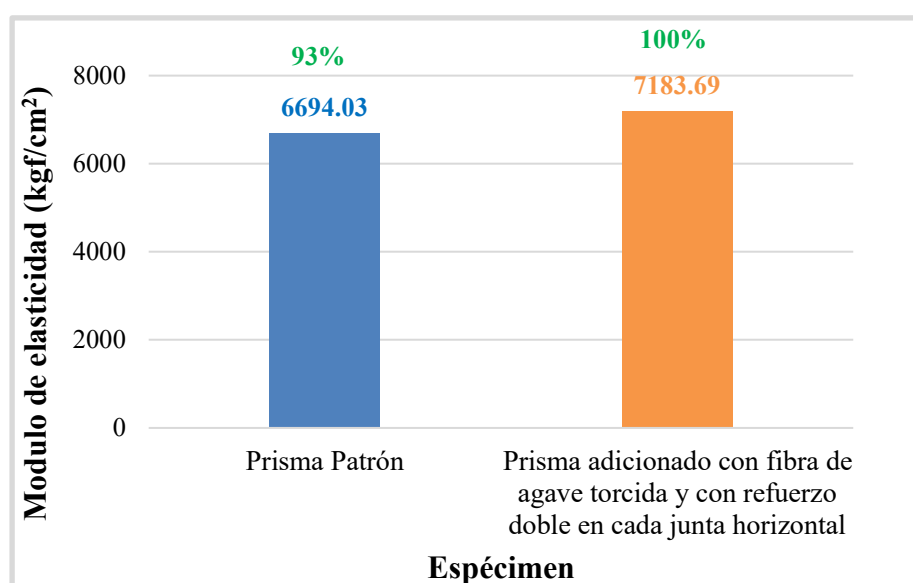


Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a módulo de elasticidad; y los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

De figura 137, se puede observar que el prisma PA-01 tiene un valor de 7119,24 kgf/cm², PA-02 un valor de 6829,14 kgf/cm², PA-03 un valor de 7057,83 kgf/cm², PA-04 un valor de 7381,31 kgf/cm², PA-05 un valor de 7364,63 kgf/cm² y PA-06 un valor de 7465,39 kgf/cm². El prisma que presentó mayor módulo de elasticidad fue PA-06 con un valor de 7465,39 kgf/cm² y el prisma con menor módulo de elasticidad fue PP-02 con un valor de 6829,14 kgf/cm². El promedio de los cuatro mejores valores de los seis prismas ensayados dio un valor de 7332,64 kgf/cm², con una desviación estándar de 148,95 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 2.03 %. Asimismo, el módulo de elasticidad característico dio un valor de 7183,69 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro.

Figura 138

Comparación del módulo de elasticidad entre los prismas patrón y los prismas adicionados con fibra de agave torcido



Nota. Módulo de elasticidad característico promedio y porcentaje de incidencia con respecto al mayor valor alcanzado. Elaboración propia, 2024.

En la figura 138, se observa la comparación de ambos especímenes, siendo el módulo de elasticidad característico promedio de los prismas patrón de $6694,03 \text{ kgf/cm}^2$ y de los prismas adicionados con fibra de agave torcido de $7183,69 \text{ kgf/cm}^2$, presentando un mayor módulo de elasticidad de $489,66 \text{ kgf/cm}^2$; en otras palabras, 7 % más que los prismas patrón. Este hallazgo indica una mayor correspondencia entre el esfuerzo aplicado y la deformación observada en los prismas de bloque de suelo reforzados con fibras de agave torcido. En resumen, este espécimen se caracteriza por su mayor rigidez, lo que significa que bajo cargas externas, experimentará una deformación mínima.

Interpretación de los resultados

Se puede analizar que la adición de fibras de agave torcido dentro del bloque de suelo y asimismo colocada a modo refuerzo horizontal en cada junta del mortero, aumento el módulo de elasticidad en un $489,66 \text{ kgf/cm}^2$, es decir en 7 % más que los prismas de bloque de suelo patrón, esto demuestra que los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta tienen mayor rigidez ante la aplicación de una carga sobre el mismo.

Resistencia a la compresión diagonal

De los ensayos realizados a cada murete patrón y adicionado con fibra de agave, se obtuvo una data de carga y deformación respectiva. Con la carga máxima de rotura de cada pila, dividido entre el área bruta de la diagonal cargada, se calculó la resistencia unitaria a corte puro (V_m).

$$V_m = \frac{P}{D t}$$

Donde V_m es la resistencia unitaria a corte puro, P es la carga máxima aplicada (Kgf), D es la diagonal del espécimen (cm) y t el espesor del espécimen (cm)

Una vez calculada la resistencia unitaria a corte puro (V_m) de todos los muretes patrón y los adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta, se obtuvo el valor promedio de las cuatro mejores resistencias de las seis muestras ensayadas y asimismo se calculó la desviación estándar. Luego, de acuerdo a la NTP. E 0.70 se procedió a calcular la resistencia característica, restando al valor promedio de la resistencia unitaria a corte la desviación estándar.

$$V'_m = V_m - \sigma$$

Donde V'_m es la resistencia unitaria a corte característica, V_m es la resistencia unitaria a corte y σ es la desviación estándar.

Finalmente se obtuvo la dispersión porcentual de resultados, multiplicando 100 a la división de la desviación estándar (σ) y la resistencia unitaria a corte puro promedio (V_m). En la tabla 39 se puede observar los cálculos respectivos de todo lo que se mencionó anteriormente.

Tabla 39

Resistencia a la compresión diagonal en muretes patrón y muretes adicionados con fibra de agave y con doble refuerzo horizontal en cada junta

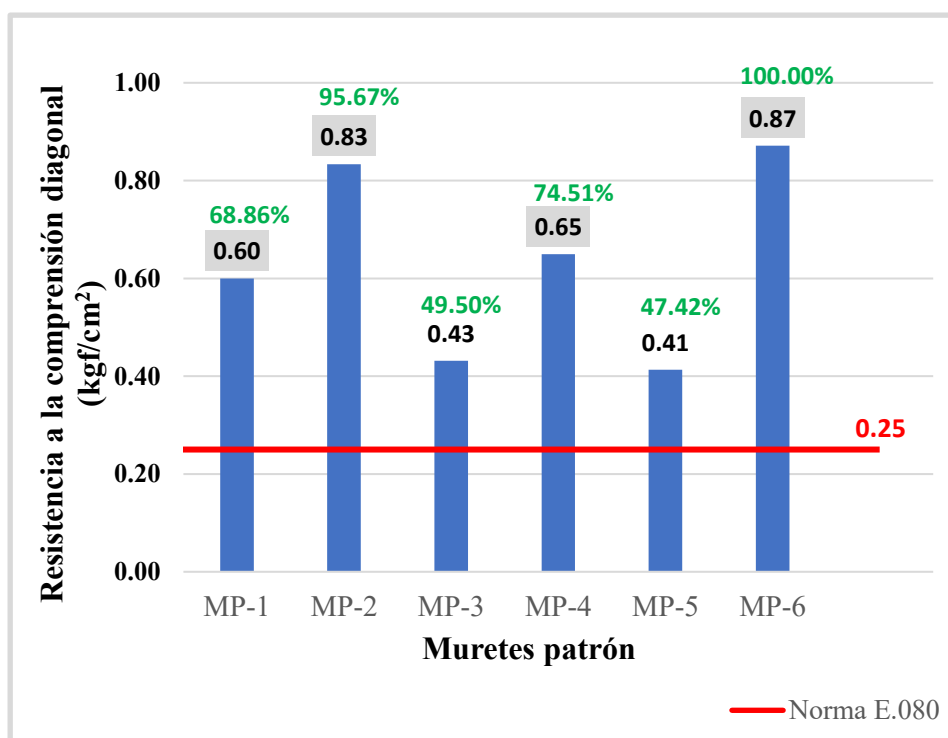
	Murete N°	Dimensiones (cm)			Diagonal (cm)	Área diagonal (cm ²)	P _{máx} (Kgf)	Resistencia individual a compresión diagonal	Resistencia promedio de las 4 mejores muestras de las 6 ensayadas	Desviación Estándar	Resistencia a compresión característica promedio	Coficiente de variación
		Largo	Espesor	Altura				V _m (Kgf/cm ²)	V _m (kgf/cm ²)	D.E	V' _m (Kgf/cm ²)	C.V. (%)
Muretes con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	MP-1	81.00	19.80	76.00	109.50	2168.10	1301.00	0.60				
	MP-2	82.00	19.80	74.00	108.50	2148.30	1791.00	0.83				
	MP-3	81.00	19.70	74.00	108.50	2137.45	922.00	0.43	0.74	0.13	0.60	22.16
	MP-4	80.00	19.70	77.00	110.00	2167.00	1407.00	0.65				
	MP-5	81.00	19.80	77.00	110.00	2178.00	900.00	0.41				
	MP-6	81.00	19.80	77.00	110.00	2178.00	1898.00	0.87				
Muretes con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	MA-1	80.50	20.00	73.80	107.00	1610.00	3564.00	1.67				
	MA-2	80.50	20.00	75.00	108.00	1610.00	2160.00	1.00				
	MA-3	80.80	20.00	75.00	109.50	1616.00	2133.00	0.97	1.50	0.27	1.23	21.78
	MA-4	81.00	20.00	74.00	108.50	1620.00	3747.00	1.73				
	MA-5	80.50	20.00	74.30	107.00	1610.00	3149.00	1.47				
	MA-6	80.00	20.00	74.30	107.00	1600.00	2421.00	1.13				

Nota. Los números de color negrita, son los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados según su tipo. Elaboración propia, 2024.

A continuación, se muestran en gráficos los resultados de los ensayos de compresión diagonal en kgf/cm^2 . En la figura 139 se observa los resultados de la compresión diagonal en kgf/cm^2 de los especímenes patrón, en la figura 140 los resultados de la compresión diagonal en kgf/cm^2 de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y en la figura 141 los resultados de la comparación de la compresión diagonal en kgf/cm^2 de los especímenes patrón con respecto a los especímenes adicionados con fibra de agave torcido.

Figura 139

Resistencia a compresión diagonal en muretes patrón



Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a compresión unitaria a corte; los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre los muretes patrón ensayados y el valor de color rojo, que se encuentra ubicado en la parte derecha del gráfico, representa la resistencia mínima establecida en la Norma E.080. Elaboración propia, 2024.

De los resultados del gráfico anterior, se puede interpretar que todas las muestras de muretes patrón superan significativamente a la resistencia última que estipula la norma E.080, la cual menciona que debe ser igual a 0.25 kgf/cm^2 . Realizando una comparación con el murete de menor resistencia, que viene a ser la muestra MP-5 con un valor de 0.41 kgf/cm^2 , se supera en un 39.02 % de lo que estipula la norma y si realizamos la comparación con el murete de mayor resistencia, que viene a ser la muestra MP-6 con un valor de 0.87 kgf/cm^2 , se supera en un 71.26 % de lo que estipula la norma. El valor de la resistencia a la compresión diagonal promedio es 0.74 kgf/cm^2 . Asimismo, la resistencia característica a compresión diagonal es 0.60 kgf/cm^2 , el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro. Con este último valor se supera en un 58.33 % la resistencia última de la Norma E.080.

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento fue de $0,24 \text{ kgf/cm}^2$. Este valor se calculó mediante las ecuaciones de la Norma E.080 indicadas en el ítem 8.4.

$$V_m = 0,40 f'_t$$

Donde:

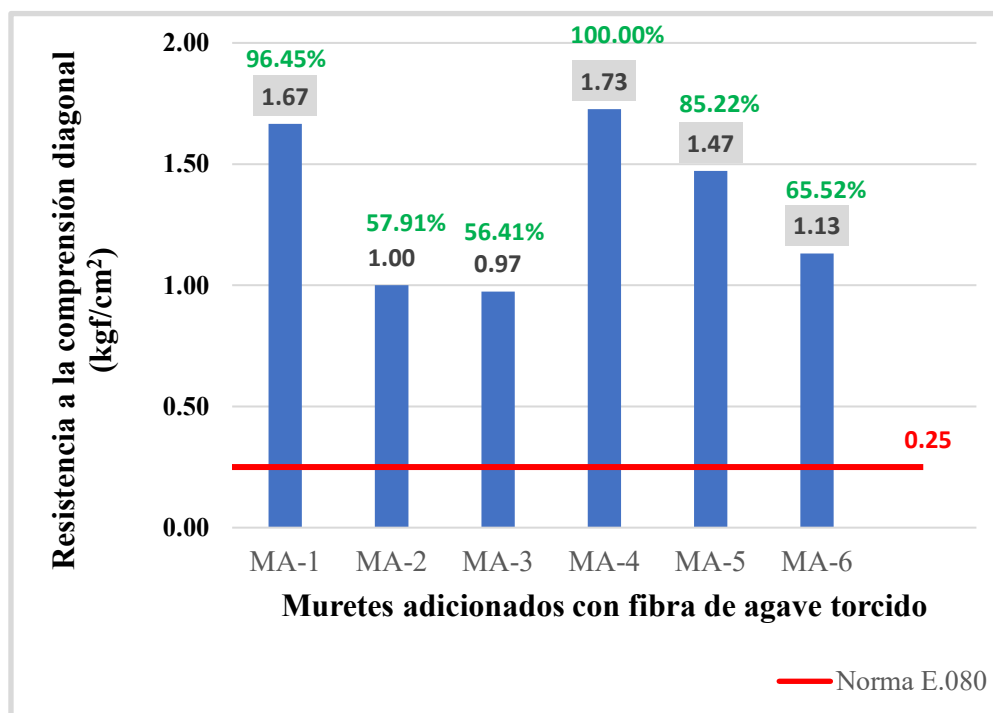
f'_t : Esfuerzo admisible de corte (promedio de las cuatro mejores resistencias, menos la desviación estándar)

$$V_m = 0,40 \times 0,60 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_m = 0.24 \text{ kgf/cm}^2$$

Figura 140

Resistencia a compresión diagonal de muretes patrón y muretes adicionales con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta



Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a compresión unitaria a corte; los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto a la mayor resistencia alcanzada entre los muretes ensayados y el valor de color rojo, que se encuentra ubicado en la parte derecha del gráfico, representa la resistencia mínima establecida en la Norma E.080. Elaboración propia, 2023.

De los resultados del gráfico anterior, se puede interpretar que todas las muestras de muretes con bloque de suelo adicionales con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta, superan significativamente a la resistencia última que estipula la norma E.080, la cual menciona que debe ser igual a 0.25 kgf/cm². Realizando una comparación

con el murete de menor resistencia, que viene a ser la muestra MA-3 con un valor de 0,97 kgf/cm², se supera en un 74,23 % de lo que estipula la norma y si realizamos la comparación con el murete de mayor resistencia, que viene a ser la muestra MA-4 con un valor de 1,73 kgf/cm², se supera en un 85,55 % de lo que estipula la norma. El valor de la resistencia a la compresión diagonal promedio es 1,50 kgf/cm². Asimismo, la resistencia característica a compresión diagonal es 1.23 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro. Con este último valor se supera en un 79.67 % la resistencia ultima de la Norma E.080.

El esfuerzo admisible de compresión por aplastamiento fue de 0.49 kgf/cm². Este valor se calculó mediante las ecuaciones de la Norma E.080 indicadas en el ítem 8.4.

$$f_m = 0,40 f'_m$$

Donde:

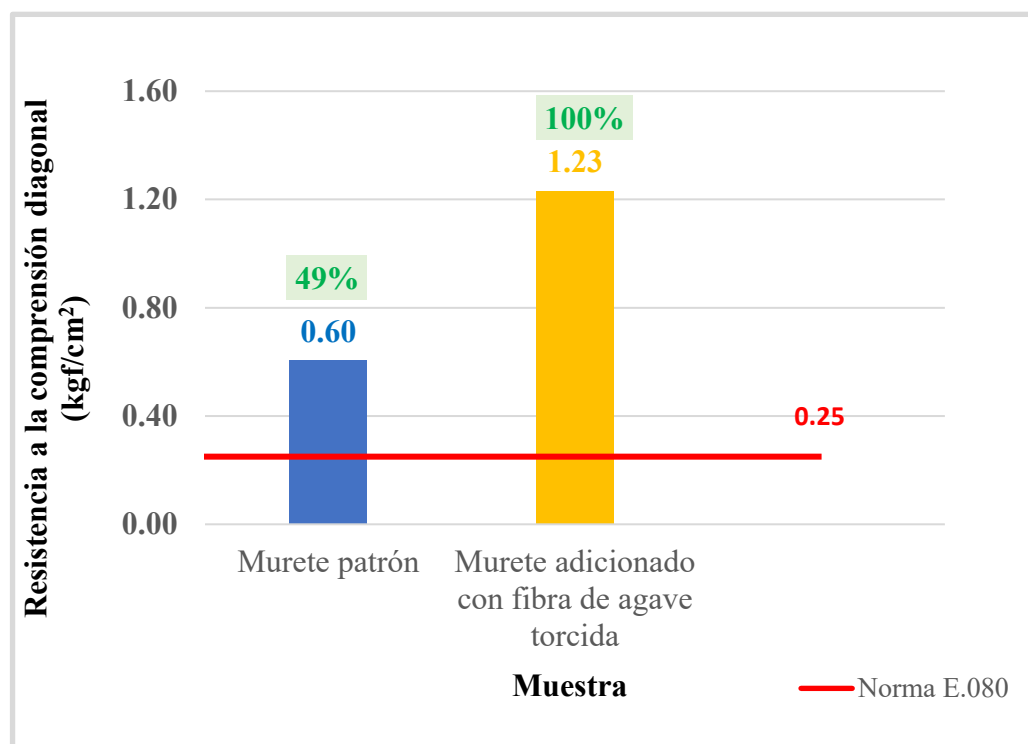
f'_m : Esfuerzo admisible de corte (promedio de las cuatro mejores resistencias, menos la desviación estándar)

$$f_m = 0,40 \times 1,23 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_m = 0.49 \text{ kgf/cm}^2$$

Figura 141

Comparación de la resistencia característica a compresión diagonal entre muretes patrón y muretes adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta



Nota. El valor de color azul, representa la resistencia característica a compresión diagonal promedio de los muretes de bloques de suelo patrón; el valor de color naranja, representa la resistencia característica a compresión diagonal promedio de los muretes con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta, los valores de color verde representan el porcentaje de incidencia de la mayor resistencia característica a compresión diagonal promedio entre los muretes según su tipo y el valor de color rojo, que se encuentra a la derecha del gráfico, es la resistencia mínima establecida en la Norma E.080. Elaboración propia, 2024.

Del gráfico anterior se puede interpretar que la resistencia característica a compresión diagonal promedio de los muretes patrón y los adicionadas con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta es de 0.60 kgf/cm^2 y 1.23 kgf/cm^2 respectivamente. Ambos valores superan la resistencia última de la Norma E.080 que indica un valor de 0.25 kgf/cm^2 ; los muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta presentaron una mayor resistencia a la compresión axial de 0.63 kgf/cm^2 , siendo más resistente en un porcentaje de 51 %.

Interpretación de los resultados.

A partir de los resultados obtenidos del esfuerzo cortante máximo, se ha podido constatar un aumento considerable en términos de resistencia para el tipo de muro con adicionamiento interno en cada una de sus unidades y refuerzo horizontal en cada junta. Mostrando una resistencia característica promedio de $1,23 \text{ kgf/cm}^2$, que es más de 2 veces la resistencia a corte que presentan los muros no reforzados. La resistencia como la ductilidad se elevaron significativamente. Asimismo, se logró una mejor distribución del daño y una reducción de la anchura del agrietamiento y de la expansión del muro en su plano, en cuanto al muro sin refuerzo.

En conclusión, la implementación del uso de fibras torcidas en forma de cuerdas colocadas en forma diagonal y perpendicular al interior de la unidad y asimismo colocadas a modo refuerzo horizontal en cada junta del mortero, aumentó considerablemente la resistencia al esfuerzo cortante del muro y presenta un mejor comportamiento de la tipología de la falla, presentando grietas de pequeñas aberturas, mientras que los muros no reforzados se desintegraron. Siendo un buen aporte para las construcciones de las viviendas de adobe en nuestro país, siendo un país altamente sísmico; en caso de sismos los muros no se desintegrarán

rápidamente ante los esfuerzos de carga, permitiendo a los pobladores mayor tiempo para que desocupen la vivienda.

En la siguiente figura 142, se pueden observar las fallas presentadas en los muretes patrón después de ser ensayados. Se puede notar que todos los muretes MSR-01, MSR-02, MSR-03, MSR-04, MSR-05 y MSR-06 presentaron la misma falla, siendo la escalonada a través de las juntas, esta falla se caracteriza por su forma diagonal o de escalera siguiendo la junta de mortero a lo largo del muro y se da debido a las tensiones de tracción diagonal o esfuerzos de corte que se producen en el mismo. Cabe mencionar que la falla ideal en muros, es una grieta vertical que corta tanto unidades como mortero; sin embargo, en la presente investigación la grietas corren por las juntas.

Todos los muretes patrón se desmoronaron ante la aplicación de la carga máxima, con excepción del murete MSR-02, siendo estos muros un grave problema en caso de sismos, debido a que se derrumbarían y no darían tiempo para evacuar.

Figura 142

Falla escalonada a través de las juntas en espécimen MSR-01, MSR-02, MSR-03, MSR-04, MSR-05 y MSR-06

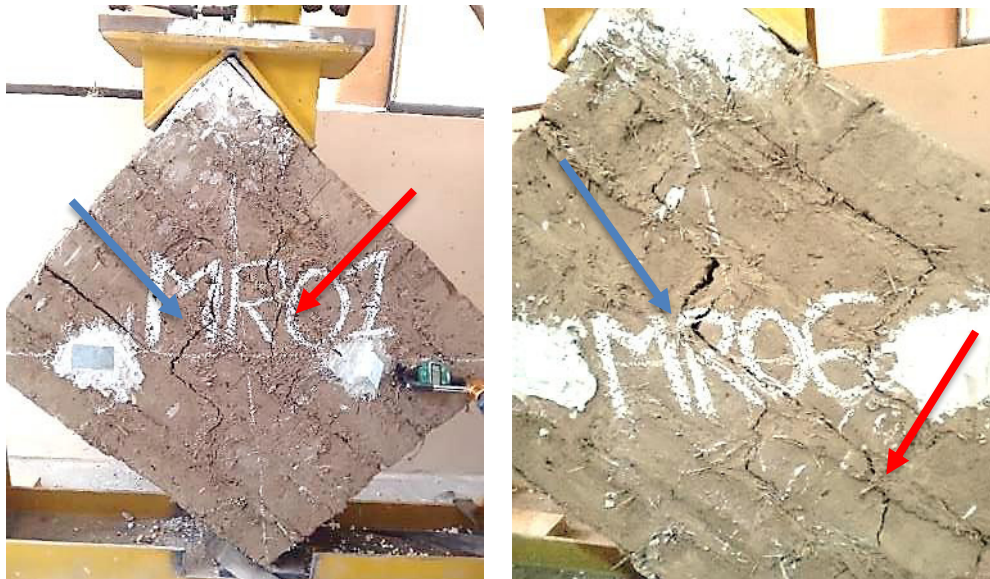


Nota. Las fallas se presentaron de manera escalonada siguiendo la junta de mortero, se da principalmente cuando no se ha logrado optimizar la adherencia entre la unidad y el mortero. Llegando a la conclusión que todos los muretes patrón tuvieron una adherencia pobre entre la unidad y el mortero. Archivo fotográfico propio, 2024.

En la siguiente figura 143 y 144, se pueden observar las fallas presentadas en los muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta, después de ser ensayados. Se puede notar que los muretes MR-01 y MR-06, presentaron una falla mixta, es decir una grieta escalonada y otra que corta unidades y mortero, mientras que los muretes MR-02, MR-03, MR-04 y MR-05 presentaron el tipo de falla escalonada a través de las juntas, caracterizada por su forma diagonal o de escalera siguiendo la junta de mortero a lo largo del muro y se da debido a las tensiones de tracción diagonal o esfuerzos de corte que se producen en el mismo.

Figura 143

Falla mixta en espécimen MR-01 y MR-06



Nota. La fecha de color azul indica la falla escalonada y la flecha de color rojo indica la falla por tracción diagonal. Archivo fotográfico propio, 2024

Figura 144

Falla escalonada a través de las juntas en los especímenes MR-02, MR-03, MR-04 y MR-05



Nota. Las fallas presentadas se generan principalmente cuando la resistencia de las unidades es mayor en relación con la resistencia de adherencia del mortero con las unidades, por lo que el agrietamiento ocurre en el elemento débil que, en este caso, es la junta de mortero.

Archivo fotográfico propio, 2024.

Se noto que los muros con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido presentaron una mejor falla por corte, es decir controló el agrietamiento, mientras que los muros con bloques de suelo patrón presentaron un tipo de falla muy frágil.

Módulo de corte “Gm”

Gracias a las deformaciones registradas con los diales instrumentados en la diagonal y vertical de cada murete se procedió a calcular el módulo de corte de cada uno de los 12 especímenes ensayados según su tipo. Primero, se comenzó calculando las cargas que representaban el 20% y el 50% de la carga máxima de rotura alcanzada durante el ensayo. Una vez obtenidas estas cargas, se analizó los desplazamientos que les correspondían a dichas cargas, tanto los desplazamientos verticales como horizontales. Los resultados de las cargas y desplazamientos obtenidos al 20 y 50 % se muestran en la tabla 40.

Tabla 40

Desplazamientos y cargas al 20 % y 50 % en muretes según su tipo.

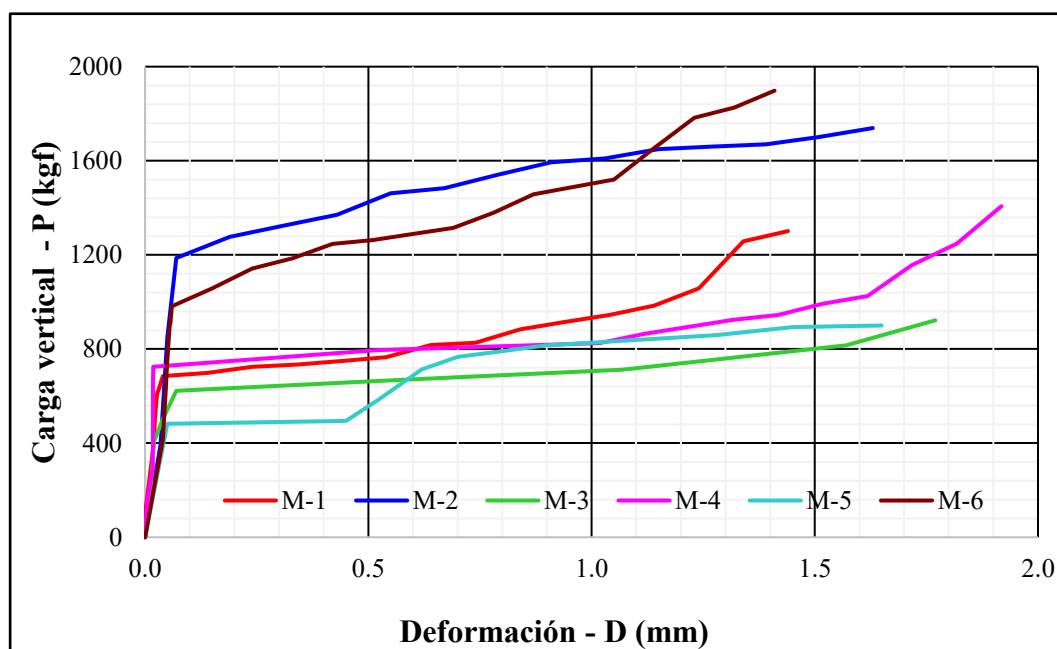
	Especímen	Carga máxima	Carga Vertical		Desplazamiento asociado al dial vertical		Desplazamiento asociado al dial horizontal	
			P _{20%}	P _{50%}	D _{20%}	D _{50%}	D _{20%}	D _{50%}
	Nº	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Muretes con bloques de suelo patrón	MP-01	1301.00	260.20	650.50	0.0100	0.0339	0.0010	0.0066
	MP-02	1791.00	358.20	895.50	0.0320	0.0620	0.0015	0.0050
	MP-03	922.00	184.40	461.00	0.0118	0.0340	0.0280	0.0300
	MP-04	1407.00	281.40	703.50	0.0150	0.0180	0.0019	0.0260
	MP-05	900.00	180.00	450.00	0.0100	0.0170	0.0090	0.0230
	MP-06	1898.00	379.60	949.00	0.0350	0.0400	0.0285	0.0550
Muretes con bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta	MA-01	3564.00	712.80	1782.00	0.0100	0.0500	0.0010	0.0080
	MA-02	2160.00	432.00	1080.00	0.0260	0.0610	0.0040	0.0075
	MA-03	2133.00	426.60	1066.50	0.0160	0.0590	0.0011	0.0053
	MA-04	3747.00	749.40	1873.50	0.0210	0.0650	0.0025	0.0040
	MA-05	3149.00	629.80	1574.50	0.0122	0.0600	0.0040	0.0060
	MA-06	2421.00	484.20	1210.50	0.0250	0.0710	0.0017	0.0089

Nota.

Asimismo, de manera gráfica se muestran los resultados de las cargas y desplazamientos verticales y horizontales obtenidos al 20 y 50 %, tanto de los especímenes patrón y los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta. En la figura 145 se visualizan los resultados de la cargas y desplazamientos verticales de los muretes patrón, en la figura 146 los resultados de la cargas y desplazamientos horizontales de los muretes patrón, en la figura 147 los resultados de la cargas y desplazamientos verticales de los muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta y en la figura 148 los resultados de la cargas y desplazamientos horizontales de los muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.

Figura 145

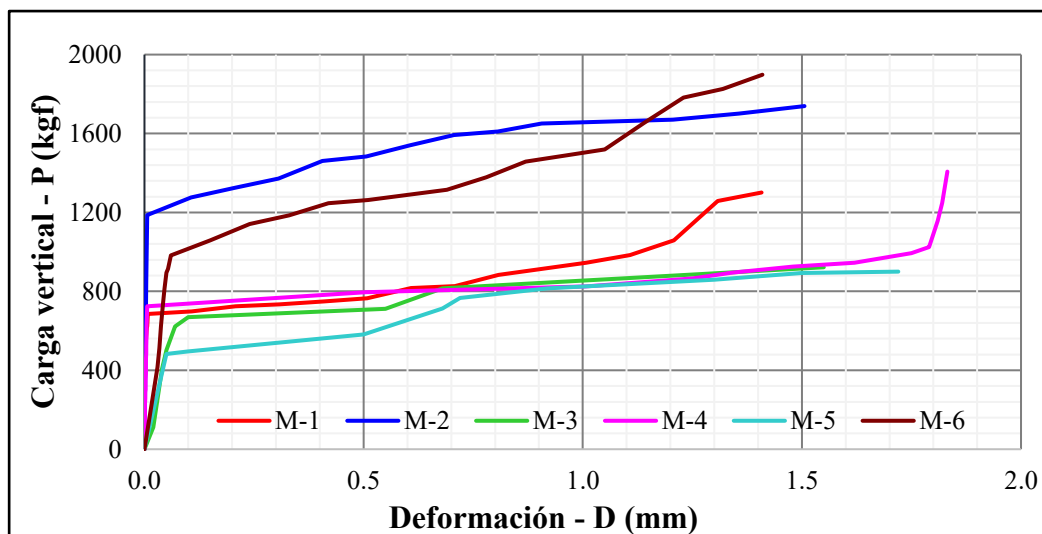
Carga y desplazamiento vertical en muretes patrón



Nota. La carga se aplicó a una velocidad uniforme de 1 Ton/minuto. Elaboración propia, 2024.

Figura 146

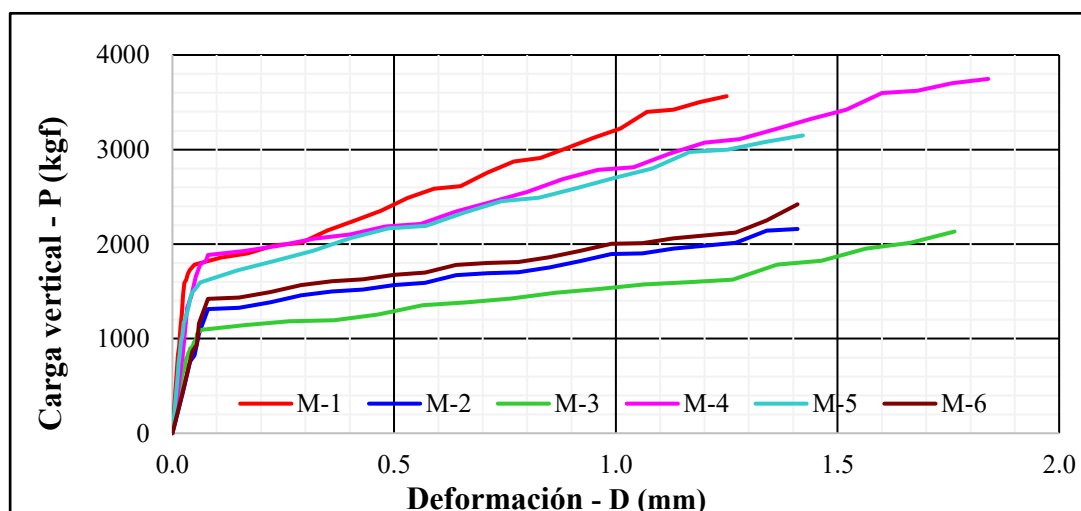
Carga y desplazamiento horizontal en especímenes patrón



Nota. La carga se aplicó a una velocidad uniforme de 1 Ton/minuto. Elaboración propia, 2024.

Figura 147

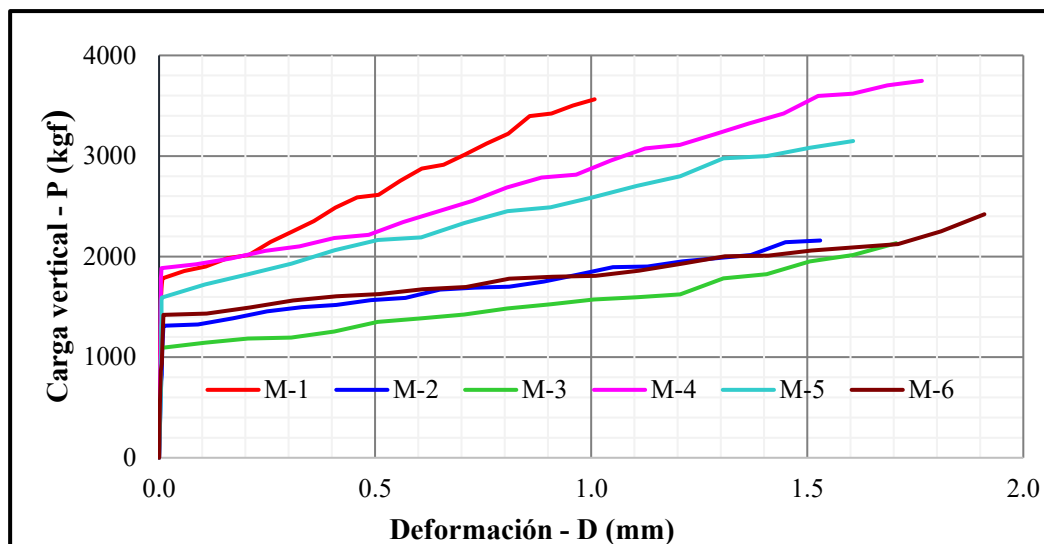
Carga y desplazamiento vertical en muretes adicionales con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta



Nota. La carga se aplicó a una velocidad uniforme de 1 Ton/minuto. Elaboración propia, 2024.

Figura 148

Carga y desplazamiento horizontal en muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta



Nota. La carga se aplicó a una velocidad uniforme de 1 Ton/minuto. Elaboración propia, 2024.

En la tabla 41 se muestran los resultados de los cálculos del módulo de elasticidad de cada uno de los especímenes según su tipo, en donde se observa el número de espécimen, la carga máxima aplicada, el área del espécimen en cm^2 , la carga vertical al 20 y 50 %, el esfuerzo cortante en kgf/cm^2 , la longitud entre diales en mm, el desplazamiento registrado en el dial vertical y la deformación unitaria, el desplazamiento registrado en el dial horizontal y la deformación unitaria, la deformación angular y por último el módulo de corte en MPa y kgf/cm^2

Tabla 41Módulo de corte “ G_m ” en muretes según su tipo

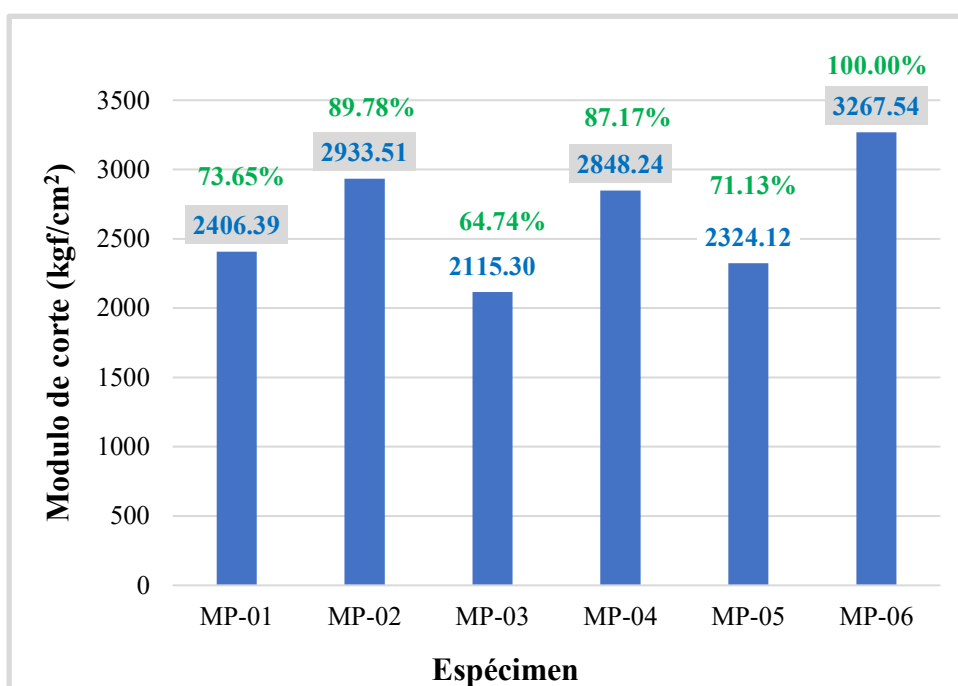
Espécimen	Carga máxima	Área	Carga vertical		Esfuerzo cortante $\Delta\sigma = \Delta P/A$	Longitud entre diales	Desplazamiento registrado en el dial vertical y deformación unitaria			Desplazamiento registrado en el dial horizontal y deformación unitaria			Deformación angular $\gamma = \Delta\epsilon_1 + \Delta\epsilon_2$	Módulo de corte $G_m = \Delta\sigma / \Delta\gamma$	
			P20%	P50%			D20%	D50%	$\Delta\epsilon_1 = \Delta D/L$	D20%	D50%	$\Delta\epsilon_2 = \Delta D/L$		Mpa	Kgf/cm ²
MP-01	1301.00	2199.23	260.20	650.50	0.177	400	0.0100	0.0339	0.00006	0.0010	0.0066	0.00001	0.00007	23.60	2406.39
MP-02	1791.00	2186.98	358.20	895.50	0.246	400	0.0320	0.0620	0.00008	0.0015	0.0050	0.00001	0.00008	28.77	2933.51
MP-03	922.00	2161.35	184.40	461.00	0.128	400	0.0118	0.0340	0.00006	0.0280	0.0300	0.00001	0.00006	20.74	2115.30
MP-04	1407.00	2187.41	281.40	703.50	0.193	400	0.0150	0.0180	0.00001	0.0019	0.0260	0.00006	0.00007	27.93	2848.24
MP-05	900.00	2212.82	180.00	450.00	0.122	400	0.0100	0.0170	0.00002	0.0090	0.0230	0.00004	0.00005	22.79	2324.12
MP-06	1898.00	2212.82	379.60	949.00	0.257	400	0.0350	0.0400	0.00001	0.0285	0.0550	0.00007	0.00008	32.04	3267.54
Módulo de corte promedio (kgf/cm²):														28.09	2863.92
Desviación estándar (kg/cm²):														3.48	354.65
Coefficiente de variación (%):														12.38	12.38
Módulo de corte característico (kgf/cm²):														24.61	2509.27
MA-01	3564.00	2184.19	712.80	1782.00	0.490	400	0.0100	0.0500	0.00010	0.0010	0.0080	0.00002	0.00012	40.86	4166.11
MA-02	2160.00	2200.48	432.00	1080.00	0.294	400	0.0260	0.0610	0.00009	0.0040	0.0075	0.00001	0.00010	30.00	3059.55
MA-03	2133.00	2204.87	426.60	1066.50	0.290	400	0.0160	0.0590	0.00011	0.0011	0.0053	0.00001	0.00012	24.12	2459.50
MA-04	3747.00	2194.27	749.40	1873.50	0.512	400	0.0210	0.0650	0.00011	0.0025	0.0040	0.000004	0.00011	44.17	4503.65
MA-05	3149.00	2190.96	629.80	1574.50	0.431	400	0.0122	0.0600	0.00012	0.0040	0.0060	0.00001	0.00012	33.96	3463.30
MA-06	2421.00	2183.62	484.20	1210.50	0.333	400	0.0250	0.0710	0.00012	0.0017	0.0089	0.00002	0.00013	24.53	2500.85
Módulo de corte promedio (kgf/cm²):														37.25	3798.15
Desviación estándar (kg/cm²):														6.43	655.94
Coefficiente de variación (%):														17.27	17.27
Módulo de corte característico (kgf/cm²):														30.82	3142.21

Nota. Los números en color negrita, son los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024

A continuación, se muestran de manera gráfica los resultados del módulo del corte “Gm”. En la figura 149 se observa los resultados del módulo de corte de cada uno de los especímenes patrón, en la figura 150 los resultados del módulo de elasticidad de cada uno de los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta y en la figura 151 los resultados de la comparación del módulo de elasticidad de los especímenes patrón con respecto a los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta.

Figura 149

Módulo de corte “Gm” en especímenes patrón

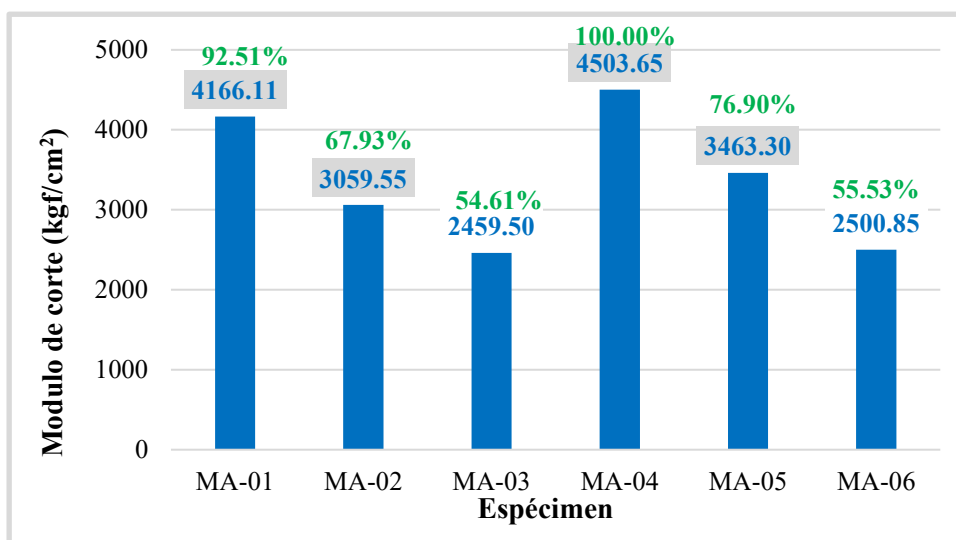


Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a módulo de corte; y los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto al mayor valor alcanzado entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

De la figura 149, se puede observar que el murete MP-01 tiene un valor de 2406,39 kgf/cm², MP-02 un valor de 2933,51 kgf/cm², MP-03 un valor de 2115,30 kgf/cm², MP-04 un valor de 2848,24 kgf/cm², MP-05 un valor de 2324,12 kgf/cm² y MP-06 un valor de 3267,54 kgf/cm². El murete que presento mayor módulo de corte fue MP-06 con un valor de 3267,54 kgf/cm² y el murete con menor módulo de corte fue MP-03 con un valor de 2115,30 kgf/cm². El promedio de los cuatro mejores valores de los seis prismas ensayados dio un valor de 2863,92 kgf/cm², con una desviación estándar de 354,65 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 12,38 %. Asimismo, el módulo de corte característico dio un valor de 2509,27 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro.

Figura 150

Módulo de corte “Gm” en especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta

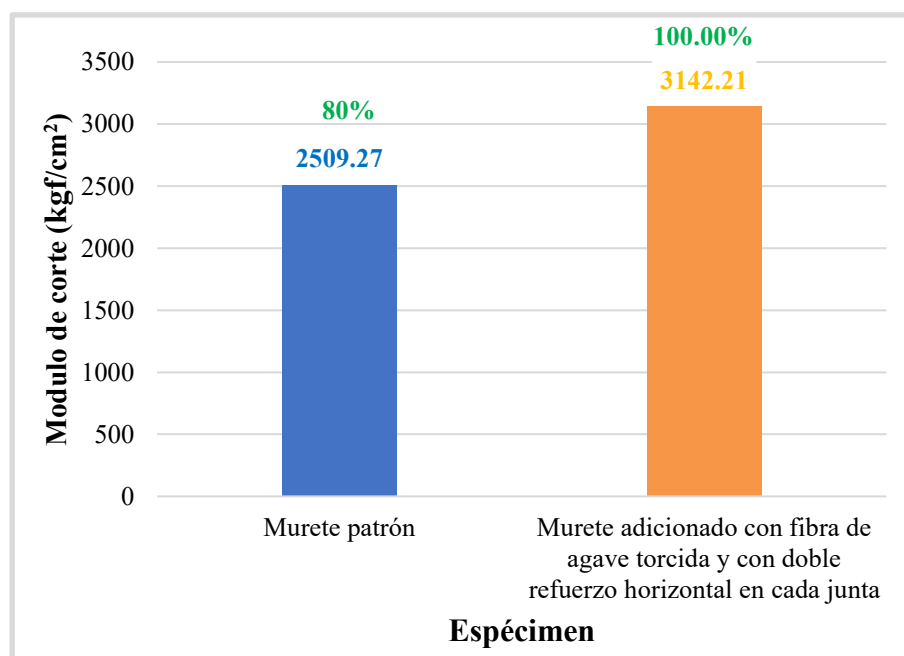


Nota. Los valores sombreados de color gris representan los cuatro mejores valores de los seis especímenes ensayados a módulo de corte; y los valores de color verde, son los porcentajes de incidencia con respecto al mayor valor alcanzado entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

De la figura 150, se puede observar que el murete MA-01 tiene un valor de 4166,11 kgf/cm², MA-02 un valor de 3059,55 kgf/cm², MA-03 un valor de 2459,50 kgf/cm², MA-04 un valor de 4503,65 kgf/cm², MA-05 un valor de 3463,30 kgf/cm² y MA-06 un valor de 2500,85 kgf/cm². El murete que presentó mayor módulo de corte fue MA-04 con un valor de 4503,65 kgf/cm² y el murete con menor módulo de corte fue MA-03 con un valor de 2459,50 kgf/cm². El promedio de los cuatro mejores valores de los seis prismas ensayados dio un valor de 3798,15 kgf/cm², con una desviación estándar de 655,94 kgf/cm² y un coeficiente de variación de 17,27 %. Asimismo, el módulo de corte característico dio un valor de 3142,21 kgf/cm², el cual se calculó mediante la resta de la desviación estándar obtenida al valor promedio de este parámetro.

Figura 151

Comparación del módulo de corte "Gm" entre especímenes según su tipo.



Nota. Módulo de corte característico promedio y porcentaje de incidencia con respecto al mayor valor alcanzado entre los especímenes ensayados. Elaboración propia, 2024.

En la figura 151, se observa la comparación de ambos especímenes, siendo el módulo de corte característico promedio de los muretes patrón de 2509,27 kgf/cm² y de los muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta de 3142,21 kgf/cm², presentando un mayor módulo de elasticidad de 632,94 kgf/cm²; en otras palabras, 20 % más que los muretes patrón. Se puede interpretar, que los muretes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta presentan una menor deformación ante los esfuerzos aplicados, siendo un indicador de una mayor rigidez.

Interpretación de los resultados

De la comparación de los resultados obtenidos del módulo de corte característico promedio de los especímenes patrón y los adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta. Se puede analizar que la adición de fibras de agave torcido dentro del bloque de suelo en forma diagonal y perpendicular, asimismo de forma horizontal en cada junta de mortero, aumento el módulo de corte en un 632,94 kgf/cm², es decir en 20 % más que los patrones, esto demuestra que los especímenes adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta tienen mayor rigidez ante la aplicación de una carga sobre el mismo.

7.1.3. Aplicación estadística.

Para la contrastación de la hipótesis general y específicas se usó la prueba paramétrica t de Student, descrita por William S. Gosset en 1908, la cual está diseñada para probar hipótesis en estudios con muestras pequeñas ($n < 30$). Esta prueba estadística consiste en evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias. El nivel de significancia o el porcentaje de error que se asumió es del $\alpha = 0.05$ (5 %). El tamaño de la muestra para las propiedades físicas de los bloques de suelo y de la fibra de agave, fue el resultado del promedio total de los especímenes ensayados. Mientras que el tamaño de la muestra para las propiedades mecánicas de los bloques de suelo fue el resultado del promedio de las cuatro mejores resistencias de los seis especímenes ensayados.

Es importante mencionar que, para la refutación o aceptación de cada una de las hipótesis planteadas en esta investigación, se hizo uso del programa estadístico SPSS. Se comenzó probando los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, siendo estos los requisitos que se deben cumplir para la utilización de esta misma prueba. Para probar el supuesto de normalidad, se usó la prueba de Shapiro Wilk, por tratarse de una muestra ($n < 50$) y para probar el supuesto de homogeneidad de varianzas se trabajó con Levene. A continuación, se muestra el planteamiento de las hipótesis y la regla de decisión para probar los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Planteamiento de hipótesis y regla de decisión para probar si los datos de las muestras tienen una distribución normal.

Planteamiento de hipótesis:

H_0 = Los datos provienen de una distribución normal

H_a = Los datos no provienen de una distribución normal

La regla de decisión; si el valor de prueba o significancia (Sig.) de la prueba de Shapiro Wilk es mayor que el nivel de significancia (α), que en esta investigación es del 5 %, se acepta la hipótesis nula, de ser lo contrario se rechaza; quedando de la siguiente manera:

Sig. $>$ α ; Se acepta la hipótesis nula

Sig. $<$ α : Se rechaza la hipótesis nula

Planteamiento de hipótesis y regla de decisión para probar si las varianzas de las muestras son homogéneas.

Planteamiento de hipótesis:

H_0 = Las varianzas de ambos grupos son homogéneas

H_a = Las varianzas de ambos grupos no son homogéneas

La regla de decisión; si el valor de prueba o significancia (Sig.) de la prueba de Levene es mayor que el nivel de significancia (α), que en esta investigación es del 5 %, se acepta la hipótesis nula, de ser lo contrario se rechaza; quedando de la siguiente manera:

Sig. > α ; Se acepta la hipótesis nula

Sig. < α : Se rechaza la hipótesis nula

Una vez que hemos probado los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas y que estas se hayan cumplido, se procede a realizar la prueba de t de Student para muestras independientes. La decisión para aceptar la hipótesis nula mediante la prueba t de Student, consiste en que el valor de prueba (Sig.) tiene que ser mayor que el nivel de significancia (α), de ser lo contrario se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna; es decir:

Sig. > α ; Se acepta la hipótesis nula

Sig. < α ; Se rechaza la hipótesis nula

Con lo mencionado anteriormente, se procede a contrastar la hipótesis general y las hipótesis específicas de la presente investigación.

Contrastación de la hipótesis general

Hipótesis Alterna Hi: La adición de fibra de agave influirá directamente en la mejora del 20 % de las propiedades y costos del bloque de suelo.

Hipótesis Nula Ho: La adición de fibra de agave no influirá directamente en la mejora del 20 % de las propiedades y costos del bloque de suelo.

Para la contrastación de la hipótesis general se tomaron en cuenta todas las hipótesis específicas, las cuales midieron las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo, asimismo, se consideró el costo económico unitario de elaboración de los bloques de suelo. Tras los resultados obtenidos de las hipótesis específicas que se muestran en la tabla 48 se rechaza la hipótesis general alternativa, a pesar que la fibra de agave si mejoró las propiedades físicas y mecánicas de los bloques de suelo. Dicho en otras palabras, las propiedades de los bloques suelo con adición de fibra de agave resultaron mucho mejor con respecto a las propiedades de los bloques de suelo sin adiconante, el problema es que no todas las propiedades estudiadas lograron mejorar en un 20 % con respecto a los bloques sin adiconante; con excepción de los ensayos de succión, resistencia a la comprensión, corte puro y módulo de corte, los cuales presentaron una mejora de sus propiedades mayor del 20 %. Por otra parte, el precio económico de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido, resulto mayor del 20 % de los bloques de suelo sin adición. Por lo tanto, no se cumplió el planteamiento de la hipótesis general

Contrastación de las hipótesis específicas

Comprobación de la hipótesis específica 1

Hipótesis Alterna Hi: Las propiedades del suelo y la fibra de agave, son factores que influirán en la mejora del 25 % de la resistencia de los bloques de suelo.

Hipótesis Nula Ho: Las propiedades del suelo y la fibra de agave, son factores que no influirán en la mejora del 25 % de la resistencia de los bloques de suelo.

Para la contrastación de la hipótesis específica 1, se tomó en cuenta la hipótesis específica 2. La cual quedó demostrado que las propiedades del suelo y de la fibra de agave torcido si influyeron de manera significativamente en la mejora de la resistencia de los bloques de suelo comparando estos resultados con la resistencia última de la Normativa E.080. En este caso se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula. En tal sentido, se cumple el planteamiento de la hipótesis específica 1.

Comprobación de la hipótesis específica 2

Hipótesis Alterna Hi: Las propiedades físico-mecánicas de los bloques de suelo adicionadas con fibras de agave presentaran mayor resistencia del 15 % a comparación de los bloques de suelo no adicionados con fibra de agave

Hipótesis Nula Ho: Las propiedades físico-mecánicas de los bloques de suelo adicionadas con fibras de agave no presentaran mayor resistencia del 15 % a comparación de los bloques de suelo no adicionados con fibra de agave.

Para aceptar o refutar la hipótesis específica 2, se comenzó a comparar los resultados de los ensayos físicos y mecánicos de los dos grupos de bloques de suelo, los adicionados con fibras de agave torcido y los de referencia o patrones. Asimismo, el ensayo de absorción de la fibra de agave con y sin tratamiento.

Se empezó con la validación de los resultados de la fibra de agave torcido tratada con una solución de bicarbonato de sodio al 10 % p/p con respecto a la absorción de la fibra sin tratamiento; expresándose de la siguiente manera:

$$H_i: \mu_t < \mu_s$$

$$H_o: \mu_t > \mu_s$$

Siendo μ_t el promedio de las muestras a absorción de la fibra de agave torcido con tratamiento en (%) y μ_s el promedio de las muestras a absorción de la fibra de agave torcido sin tratamiento en (%). Cabe mencionar que cuando $H_i: \mu_t < \mu_s$ Se denomina prueba unilateral de cola a la izquierda.

En la tabla 42 se presenta las estadísticas de las dos muestras, donde se visualiza el tamaño de las muestras (n_1 y n_2), las medias (μ_1 y μ_2) y varianzas (σ_1 y σ_2), luego se visualiza los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas y finalmente la prueba de t de Student.

Primero se procedió a probar si los datos de las muestras tienen una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk, cabe mencionar que se utilizó dicha prueba por el tamaño de la muestra menor de 50, de lo contrario se usaría la prueba de Kolgomorov Smirnov. La prueba arrojó un valor de:

$$\text{Sig.} = 0,571.$$

$0,571 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula; concluyendo que los datos de las muestras si tienen una distribución normal.

Después se comprobó la homocedasticidad de varianzas de las muestras, mediante la prueba de Levene; obteniendo un valor de:

$$\text{Sig.} = 0.752$$

$0,752 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula; concluyendo que las varianzas de las muestras son homogéneas.

De los resultados obtenidos experimentalmente, podemos notar claramente que la media de la fibra de agave torcido con tratamiento es menor que la media de la fibra de agave sin tratamiento, mediante la prueba t de Student para muestras independientes se podrá comprobar si estas diferencias de medias son estadísticamente significativas. Se trabajo con el nivel de significación del 5 %

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

La prueba de t de Student arrojo un valor de 0.021. Mediante el cual, se determinará si la hipótesis nula se rechaza o se acepta.

$$p = 0.021$$

Sig. $> \alpha$; Se acepta la hipótesis nula

Sig. $< \alpha$; Se rechaza la hipótesis nula

$0.021 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Afirmando que la fibra de agave torcido con tratamiento tiene menor porcentaje de absorción que las fibras de agave sin tratamiento.

Tabla 42

Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de absorción de la fibra de agave con y sin tratamiento

		Estadísticas de grupo									
		N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar						
Absorción	Absorción de fibra de agave torcido con tratamiento	3	0.9933	0.02082	0.01202						
	Absorción de fibra de agave torcido sin tratamiento	3	1.0467	0.02309	0.01333						
		Prueba de normalidad									
		Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk						
Absorción de la fibra de agave torcido con y sin tratamiento	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.					
	0.205	6	200	0.9220	6.00000	0.517					
		Prueba de muestras independientes									
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias							
Absorción de la fibra con y sin tratamiento	Se asumen varianzas iguales	F	Sig.	t	gl	Significación		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						P de un factor	P de dos factores			Inferior	Superior
						0.114	0.752			-2.971	4
Absorción de la fibra con y sin tratamiento	No se asumen varianzas iguales	F	Sig.	t	gl	Significación		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						P de un factor	P de dos factores			Inferior	Superior
						0.114	0.752			-2.971	4

A continuación, se comparó los resultados de la variación dimensional, alabeo y succión de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido con respecto a los bloques de suelo patrón, expresándose de la siguiente manera:

$$H_i: \mu_a < \mu_s$$

$$H_o: \mu_a > \mu_s$$

Siendo μ_a el promedio de las muestras a variación dimensional, alabeo y succión de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y μ_s el promedio de las muestras de los bloques de suelo patrón. Cabe mencionar que cuando $H_i: \mu_a < \mu_s$ Se denomina prueba unilateral de cola a la izquierda. En la tabla 43 se presenta las estadísticas de las muestras de variación dimensional, alabeo y succión, donde se visualiza el tamaño de las muestras, las medias y varianzas. Luego se visualiza los supuestos de normalidad, homocedasticidad de varianzas y finalmente la prueba de t de Student.

De los resultados obtenidos experimentalmente, se puede notar claramente que las medias de la variabilidad dimensional, alabeo y succión de los bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido es menor que la media de los bloques de suelo patrón, mediante la prueba t de Student para muestras independientes se podrá comprobar si estas diferencias de medias son estadísticamente significativas. Se trabajo con el nivel de significación del 5 %

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

Mediante la prueba de Shapiro-Wilk y Levene que se muestra en la tabla 46, se comprobó que los datos de las muestras si cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas, debido a que el valor de prueba o significancia (Sig.) de la

prueba de Shapiro Wilk y Levene es mayor que el nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Luego se analizó el pvalor obtenido mediante la prueba de t de Student, el cual arrojó un valor de 0.012 para la variabilidad dimensional del largo, 0.077 para la variabilidad dimensional del ancho y 0.201 para la variabilidad dimensional de la altura. Asimismo, para el alabeo arrojó un valor de 0.302 y para la succión un valor de 0.075. Quedando de la siguiente manera:

$P_{VDlargo} : 0.012 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna

$P_{VDancho} : 0.077 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna

$P_{VDaltura} : 0.201 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna

$P_{Alabeo} : 0.302 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna

$P_{Succion} : 0.075 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna

Se concluye que la variabilidad dimensional y alabeo de los bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido es mayor con respecto a los bloques de suelo patrón. No obstante, la succión de los bloques de suelo con adiconamiento de fibra de agave torcido es menor con respecto a la succión de los bloques de suelo patrón. A pesar que las medias de las muestras de variación dimensional y alabeo de los bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido son menores con respecto a los bloques de suelo patrón, no se puede concluir que los bloques adicionados con fibra de agave torcido presentan menor variación dimensional y alabeo que los bloques de suelo patrón. Ya que, mediante el análisis estadístico se comprobó que no hay diferencia significativa, debido a que el pvalor obtenido es mayor que el nivel de significación.

Tabla 43

Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de variabilidad dimensional, alabeo y succión de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido.

		Estadísticas de grupo			
		N	Media	Desv. Estándar	Media de error estándar
Variabilidad dimensional del largo	Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	6	1.81330	0.15293	0.06243
	Bloques de suelo patrón	6	2.16500	0.2869	0.11713
Variabilidad dimensional del ancho	Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	6	2.4400	1.01996	0.41640
	Bloques de suelo patrón	6	3.1883	0.61222	0.24994
Variabilidad dimensional de la altura	Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	6	4.8617	1.42335	0.58108
	Bloques de suelo patrón	6	5.8333	2.32376	0.94867
Alabeo	Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	6	2.0833	0.97040	0.39616
	Bloques de suelo patrón	6	2.3333	0.60553	0.24721
Succión	Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	6	0.8750	0.27194	0.11102
	Bloques de suelo patrón	6	1.2533	0.52724	0.21525

	Kolmogórov-Smirnov		Prueba de Normalidad		Shapiro-Wilk	
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	sig.
Variabilidad dimensional del largo de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.152	12	0.200	0.974	12	0.949
Variabilidad dimensional del ancho de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.138	12	0.200	0.955	12	0.707
Variabilidad dimensional de la altura de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.226	12	0.093	0.904	12	0.178
Alabeo de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.188	12	0.200	0.932	12	0.397
Succión de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.234	12	0.068	0.859	12	0.047

		Prueba de muestras independientes									
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Significación		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						P de un factor	P de dos factores			Inferior	Superior
Variabilidad dimensional del largo de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	0.577	0.465	-2.650	10	0.012	0.024	-0.35167	0.13273	-0.64740	-0.05594
	No se asumen varianzas iguales			-2.650	7.629	0.015	0.031	-0.35167	0.13273	-0.66034	-0.04299
Variabilidad dimensional del ancho de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	3.102	0.109	-1.541	10	0.077	0.154	-0.74833	0.48565	-1.83043	0.33376
	No se asumen varianzas iguales			-1.541	8.189	0.081	0.161	-0.74833	0.48565	-1.86376	0.36710
Variabilidad dimensional de la altura de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	0.244	0.632	-0.873	10	0.201	0.403	-0.97167	1.11249	-3.45045	1.50712
	No se asumen varianzas iguales			-0.873	8.289	0.204	0.407	-0.97167	1.11249	-3.52159	1.57826
Alabeo de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	1.639	0.229	-0.535	10	0.302	0.604	-0.25000	0.46696	-1.29046	0.79046
	No se asumen varianzas iguales			-0.535	8.381	0.303	0.606	-0.25000	0.46696	-1.31836	0.81836
Succión de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	1.979	0.190	-1.562	10	0.075	0.149	-0.37833	0.24219	-0.91797	0.16130
	No se asumen varianzas iguales			-1.562	7.484	0.080	0.159	-0.37833	0.24219	-0.94359	0.18693

A continuación, se comparó los resultados de la resistencia a la compresión de los cubos de suelo con respecto a la resistencia última que establece la normativa E.080, que es de $10,2 \text{ kgf/cm}^2$; expresándose de la siguiente manera:

$$H_i: \mu_a > 10,2$$

$$H_o: \mu_a < 10,2$$

Siendo μ_a el promedio de las muestras a resistencia a la compresión de los cubos de suelo en (kgf/cm^2) y $10,2$ es el valor de la resistencia última que establece la normativa E.080 en (kgf/cm^2). Cabe mencionar que cuando $H_i: \mu_a > \mu_s$ Se denomina prueba unilateral de cola a la derecha.

En la tabla 44 se presenta las estadísticas de las dos muestras, donde se visualiza el tamaño de las muestras (n_1 y n_2), las medias (μ_1 y μ_2) y varianzas (σ_1 y σ_2). Luego se visualiza el supuesto de normalidad y finalmente la prueba de t de Student.

Luego se procedió a probar si los datos de las muestras tienen una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk, cabe mencionar que se utilizó dicha prueba por el tamaño de la muestra menor de 50, de lo contrario se usaría la prueba de Kolgomorov Smirnov. La prueba arrojó un valor de:

$$\text{Sig.} = 0,885$$

$0,885 > 0,05$; entonces se acepta la hipótesis nula, concluyendo que los datos de las muestras tienen una distribución normal.

De los resultados obtenidos experimentalmente, se puede notar claramente que la media de la resistencia a compresión de los cubos de suelo adicionados es mucho mayor a la resistencia ultima que estable la Norma E.080, mediante la prueba t de Student para muestras independientes se podrá comprobar si estas diferencias de medias son estadísticamente significativas. Se trabajo con el nivel de significación del 5 %

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

La prueba de t de Student arrojó un valor de 0.001. Mediante el cual, se determinará si la hipótesis nula se rechaza o se acepta.

$$p = 0,001$$

$0,001 < 0,05$; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Afirmando que resistencia a la compresión de los cubos es mayor con respecto a la resistencia ultima que establece la Norma E.080

Tabla 44

Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de resistencia a la compresión de cubos de suelo

		Estadísticas de grupo					
		N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar		
Resistencia a la compresión	Resistencia a compresión de cubos de suelo	4	15.5175	0.70999	0.35500		
Prueba de normalidad							
Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk				
Resistencia a compresión de cubos de suelo	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
	0.221	4	.	0.977	4	0.885	
Prueba t para una muestra							
		Significación			95% de intervalo de confianza de la diferencia		
	t	gl	P de un factor	P de dos factores	Diferencia de medias	Inferior	Superior
Resistencia a compresión de cubos de suelo	43.712	3	< 0.001	< 0.001	15.51750	14.3877	16.6473

A continuación, se comparó los resultados de la resistencia a la flexión, resistencia a la compresión axial, módulo de elasticidad, resistencia a la compresión diagonal y módulo de corte de los bloques, prismas y muretes de suelo con adición de fibra de agave torcido con respecto a los bloques, pilas y muretes de suelo patrón, expresándose de la siguiente manera:

$$H_i: \mu_a > \mu_s$$

$$H_o: \mu_a < \mu_s$$

Siendo μ_a el promedio de las muestras a flexión, resistencia a la compresión axial, módulo de elasticidad, resistencia a la compresión diagonal y módulo de corte de los bloques, prismas y muretes de suelo con adición de fibra de agave torcido y μ_s el promedio de las muestras de los bloques, pilas y muretes de suelo patrón. Cabe mencionar que cuando $H_i: \mu_a > \mu_s$ se denomina prueba unilateral de cola a la derecha. En la tabla 45 se presenta las estadísticas de las muestras de los ensayos anteriormente mencionados, donde se visualiza el tamaño de las muestras, las medias y varianzas. Luego se visualiza los supuestos de normalidad, homocedasticidad de varianzas y finalmente la prueba de t de Student.

De los resultados obtenidos experimentalmente, se puede notar claramente que las medias de la resistencia a la compresión axial, módulo de elasticidad, resistencia a la compresión diagonal y módulo de corte de los prismas y muretes de bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido es mayor que la media de los prismas y muretes de bloques de suelo patrón. Mediante la prueba t de Student para muestras independientes se podrá comprobar si estas diferencias de medias son estadísticamente significativas. Se trabajó con el nivel de significación del 5 %

- Nivel de significancia: $\alpha = 5\%$

Mediante la prueba de Shapiro-Wilk y Levene que se muestra en la tabla 45, se comprobó que los datos de las muestras si cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad de varianzas. Luego se analizó el pvalor obtenido mediante la prueba de t de Student, el cual arrojó un valor de 0.328 para la flexión, 0.134 para la comprensión axial de prismas, 0.001 para el módulo de elasticidad, 0.001 para la resistencia a la comprensión diagonal y 0.023 para el módulo de corte. Quedando de la siguiente manera:

$P_{Flexión} : 0.328 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna

$P_{Axial} : 0.134 > 0.05$; entonces se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna

$P_{M.Elasticidad} : 0.001 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna

$P_{Diagonal} : 0.001 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna

$P_{M.Corte} : 0.023 < 0.05$; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna

Se concluye que la resistencia a la flexión y comprensión axial de los bloques y prismas de suelo con adición de fibra de agave torcido es menor con respecto a los bloques y prismas de suelo patrón. En cambio, el módulo de elasticidad de prismas, la resistencia a la comprensión diagonal y el módulo de corte de muretes con bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido es mayor con respecto a los prismas y muretes de bloques de suelo patrón. A pesar que la media de la muestra de la resistencia a la comprensión axial de los prismas adicionados con fibra de agave torcido es mayor en un 6 % con respecto a la media de los prismas patrón, no se puede concluir que los prismas adicionados con fibra de agave torcido presentan mayor resistencia con respecto a los prismas patrón. Debido a que el pvalor obtenido es mayor que el nivel de significación.

Tabla 45

Datos estadísticos para la contrastación de la hipótesis del ensayo de resistencia a la flexión, resistencia a la compresión axial, módulo de elasticidad, resistencia a la compresión diagonal y módulo de corte de los bloques, prismas y muretes de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido

		Estadísticas de grupo			
		N	Media	Desv. Estándar	Media de error estándar
Flexión	Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	4	10.3325	1.20087	0.60044
	Bloques de suelo patrón	4	10.6450	0.58478	0.29239
Resistencia a la compresión axial	Prismas con bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	4	13.8325	0.65525	0.32763
	Prismas con bloques de suelo patrón	4	13.1900	0.82490	0.41245
Módulo de elasticidad	Prismas con bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	4	7332.6425	148.94546	74.47273
	Prismas con bloques de suelo patrón	4	6831.6475	137.61635	68.80818
Resistencia a la compresión diagonal	Muretes con Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	4	1.5000	0.27055	0.13528
	Muretes con bloques de suelo patrón	4	0.7375	0.13251	0.06625

Módulo de corte	Muretes con Bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido	4	3798.1525	655.94189	327.97095
	Muretes con bloques de suelo patrón	4	2863.9200	354.65074	177.32537

	Prueba de Normalidad					
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	sig.
Flexión de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.210	8	0.200	0.857	8	0.111
Resistencia a la compresión axial en prismas con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.177	8	0.200	0.982	8	0.973
Módulo de elasticidad en prismas con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.203	8	0.200	0.905	8	0.321
Compresión diagonal en muretes con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	0.209	8	0.200	0.895	8	0.258
Módulo de corte en muretes con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido.	0.175	8	0.200	0.939	8	0.601

Prueba de muestras independientes											
Prueba de Levene de igualdad de varianzas						prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Significación		Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
						P de un factor	P de dos factores			Inferior	Superior
Flexión de los bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	1.237	0.309	-0.468	6	0.328	0.656	-0.31250	0.66784	-1.94665	1.32165
	No se asumen varianzas iguales			-0.468	4.347	0.331	0.662	-0.31250	0.66784	-2.10978	1.48478
Resistencia a la comprensión axial en prismas con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	0.694	0.437	1.220	6	0.134	0.268	0.64250	0.52674	-0.64639	1.93139
	No se asumen varianzas iguales			1.220	5.708	0.135	0.271	0.64250	0.52674	-0.64639	1.93139
Módulo de elasticidad en prismas con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	0.021	0.889	4.941	6	0.001	0.003	500.99500	101.39405	252.89271	749.09729
	No se asumen varianzas iguales			4.941	5.963	0.001	0.003	500.99500	101.39405	252.51740	749.47260
Resistencia a la comprensión diagonal en muretes con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	1.490	0.268	5.062	6	0.001	0.002	0.76250	0.15063	0.39392	1.13108
	No se asumen varianzas iguales			5.062	4.361	0.003	0.006	0.76250	0.15063	0.35759	1.16741
Módulo de corte en muretes con bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Se asumen varianzas iguales	3.703	0.103	2.506	6	0.023	0.046	934.23250	372.83941	21.92732	1846.53768
	No se asumen varianzas iguales			2.506	4.616	0.029	0.058	934.23250	372.83941	-48.67452	1917.13952

Del análisis estadístico realizado anteriormente a cada uno de los ensayos físicos y mecánicos, se comprueba que no se cumple el planteamiento de la hipótesis específica 2 debido a que no todos los ensayos físicos y mecánicos de los bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido lograron aumentar su resistencia en un 15 % con respecto a los bloques de suelo patrón. Es decir, se constató un aumento de resistencia para el grupo de bloques adicionados, pero menor al 15 %, con excepción de los ensayos de succión, resistencia a la compresión de cubos, corte puro y módulo de corte, en donde se logró observar una resistencia mucho mayor del 15 % con respecto al bloque de suelo patrón.

Comprobación de la hipótesis específica 3

Hipótesis Alterna H_1 : El costo de fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave será mayor que el costo de fabricación de los bloques de suelo sin adiconante.

Hipótesis Nula H_0 : El costo de fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave será mayor que el costo de fabricación de los bloques de suelo sin adiconante.

A continuación, se comparó los resultados del costo unitario de la fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido con respecto a los bloques de suelo patrón, expresándose de la siguiente manera:

$$H_a: c_a > c_s$$

$$H_0: c_a < c_s$$

Siendo c_a es el costo unitario de fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido en (S/) y c_s es el costo unitario de fabricación de los bloques de suelo patrón en (S/). Cabe mencionar que los precios unitarios se encuentran en las tablas 19 y 20, con los cuales se realizará la contrastación de la hipótesis.

Si $c_a > c_s$ se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna

Si $c_a < c_s$ se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna

$1,554 > 0,933$; entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

Concluyendo que el costo unitario de fabricación en (S/) de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido es mayor que el costo de fabricación de los bloques de suelo patrón.

En la tabla 46 se muestran los resultados de las hipótesis específica 2 y 3, con las cuales se aceptará o refutará la hipótesis general y la hipótesis específica 1. En donde se muestra la propiedad física de la fibra de agave con y sin tratamiento, las propiedades físicas del bloque de suelo con y sin adiconante de fibra de agave torcido y las propiedades mecánicas de los cubos, bloques, prismas y muretes con y sin adiconante de fibra de agave torcido.

En conclusión, se rechaza la hipótesis general, debido a que la fibra de agave no logro mejorar las propiedades en un 20 % de la mayoría de los ensayos físicos y mecánicos realizados. Se acepta el planteamiento de la hipótesis específica 2, porque se comprobó que las propiedades del suelo y fibra de agave mejoraron en un porcentaje mayor del 25 % con respecto a la normativa E.080.

Tabla 46

Resultados de la contrastación de las hipótesis específicas

Propiedad física de la fibra de agave	Propiedades físicas de los bloques				Propiedades mecánicas de los cubos, pilas y muretes					Costo de elaboración	
	Absorción	Variabilidad dimensional	Alabeo	Succión	Resistencia a la compresión	Flexión	Resistencia a compresión axial	Módulo de elasticidad (Em)	Resistencia a compresión diagonal	Módulo de corte (Gm)	Costos
	Se rechaza la H_0	Se acepta la H_0	Se acepta la H_0	Se acepta la H_0	Se rechaza la H_0	Se acepta la H_i	Se acepta la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0	Se rechaza la H_0
	$\mu_t < \mu_s$	$\mu_a > \mu_s$	$\mu_a > \mu_s$	$\mu_a < \mu_s$	$\mu > \mu_0$	$\mu_a < \mu_s$	$\mu_a < \mu_s$	$\mu_a > \mu_s$	$\mu_a > \mu_s$	$\mu_a > \mu_s$	$c_a > c_s$
Resultados de la contrastación de hipótesis	La capacidad de absorción de la fibra de agave torcido con tratamiento es menor que la fibra sin tratamiento	La variación de dimensiones de los bloques de suelo adicionados es mayor que los bloques de suelo sin adición	El alabeo de los bloques de suelo adicionados es mayor que los bloques de suelo sin adición	La succión de los bloques de suelo adicionados es menor que los bloques de suelo sin adición	La resistencia a compresión de los bloques de suelo es mayor con respecto a la resistencia ultima de la Norma E.080	La resistencia a la flexión de los bloques de suelo adicionados es menor que los bloques de suelo sin adición	La resistencia a la compresión axial de las pilas de bloques de suelo con adición es menor que las pilas con bloques de suelo sin adición	El módulo de elasticidad de las pilas con bloques de suelo adicionados es mayor que el módulo de corte de las pilas sin adición	La resistencia a la compresión diagonal de muretes de bloques de suelo con adición es mayor que los muretes con bloques de suelo sin adición	El módulo de corte de los muretes con bloques de suelo adicionados es mayor que el módulo de corte de los muretes sin adición	El costo de elaboración del bloque de suelo adicionado con fibra de agave torcido es mayor que el bloque sin adición

7.2. Conclusiones

- Las propiedades del suelo de la provincia de Yungay, estuvo compuesta por un 13.7 % de grava, 52.0 % de arena y 34.3 % de finos. Según la clasificación de ASSHTO se encuentra en el grupo A-2 y en el subgrupo A-2-6, calificándose como el tipo de material gravas y arenas limosas o arcillosas, alcanzando una valoración buena. La clasificación de suelo según SUCS, pertenece al símbolo del grupo SC, siendo su nombre típico arenas arcillosas. El contenido de humedad en porcentaje de la muestra de estudio es de 4.14 %, con un límite líquido de 24 %, un límite plástico de 11 % y un índice de plasticidad de 13 %, siendo un suelo medianamente plástico. Se concluye que el suelo de estudio si puede ser utilizado como material en la fabricación de la unidad de albañilería.
- Se determinó que la propiedad de la fibra de agave torcido con el tratamiento químico ecológico con bicarbonato de sodio al 10 % p/p contribuye a la reducción de la absorción del agua en un 5,36 % con respecto a las fibras sin tratamiento. Se observó una disminución del diámetro para todas las cuerdas, como resultado de la eliminación de las sustancias cerosas y aceites naturales que cubren la superficie de la pared celular de la fibra. En otras palabras, se logró reducir el porcentaje de absorción y se mejoró la superficie de las cuerdas, debido a la eliminación de las impurezas que podrían ser causa de estrés o zonas de debilidad en las fibras.
- Se logró determinar las propiedades físicas de los bloques de suelo, como es la variabilidad dimensional, alabeo y succión de los bloques de suelo patrón con respecto a los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. Donde se pudo apreciar

que la mayor variabilidad de dimensiones se reflejó en la altura, luego en el ancho y finalmente en el largo. Asimismo, se analizó que los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido presentaron una menor reducción en sus dimensiones en comparación a los bloques de suelo patrón, siendo esta diferencia de 0,35 % para el largo, 0,75 % para el ancho y 0,97 % para la altura. En cuanto al ensayo del alabeo, los bloques adicionados con fibra de agave torcido presentaron una reducción del 16,8 % del alabeo en comparación a los bloques de suelo patrón. Asimismo, se observó que tanto las unidades patrón y como las adicionadas con fibra de agave torcido no presentaron alabeo tipo convexo en las superficies de asiento. Del ensayo de succión, se observó que los especímenes adicionados con fibra de agave torcido presentan una reducción de succión del 30 % con respecto a los especímenes patrones. Demostrando que las superficies de asiento de las unidades adicionadas con fibra de agave torcido no presentan una succión excesiva.

- Se logró determinar las propiedades mecánicas de los bloques de suelo, como es el ensayo de resistencia a compresión de cubos y resistencia a flexión. Del ensayo de resistencia a la compresión de cubos de suelo, se logró obtener una resistencia característica a compresión promedio de $14,81 \text{ kgf/cm}^2$; superando a la resistencia última de la Norma E.080 en un 45,20 % respectivamente, expresando la calidad de la unidad ensayada. Del ensayo de resistencia a la flexión, se observó que los bloques de suelo patrón presentaron una mayor resistencia del 9 % con respecto a los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido. Es decir, las cuerdas colocadas al interior de la unidad redujeron la resistencia a flexión de los bloques de suelo.

- Se logró determinar las propiedades mecánicas de los prismas y muretes de bloques de suelo. Del ensayo de resistencia a la compresión de prismas más módulo de elasticidad se determinó que los prismas de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada junta presentaron una mayor resistencia axial y módulo de elasticidad en un 6 % y 7 % con respecto a los prismas con bloques de suelo patrón. En el caso del ensayo de resistencia a compresión diagonal más módulo de corte, se observó un aumento considerable para los muretes con bloques de suelo con adición de fibra de agave torcido y con doble refuerzo horizontal en cada una de sus juntas, siendo mayor en un 51 % y 20 % con respecto a los bloques de suelo patrón. Para entender mejor, la adición de fibras de agave en forma de cuerdas logró cambiar el comportamiento de deformación de un suelo frágil (no reforzado) a un comportamiento dúctil (suelo reforzado con fibra).
- Se logró cuantificar el costo unitario de fabricación de los bloques de suelo patrón y los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido, asimismo el rendimiento de producción diario. Del análisis de precios unitarios se determinó que los bloques de suelo sin adición tienen un costo de fabricación de S/ 0,993. Mientras que los bloques de suelo adicionados con fibra de agave tienen un costo de elaboración de S/ 1,554, siendo la diferencia entre ambos bloques de S/ 0.561, mayor en un porcentaje 66.56 % con respecto al bloque sin adición. Es decir representa un costo mayor por metro cuadrado que un bloque de suelo tradicional, pero es una alternativa constructiva interesante debido a su buena resistencia. En cuanto al rendimiento de fabricación de los bloques de suelo sin adición es de 150 Und/día, mientras que el rendimiento de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido es de 130 Und/día.

7.3. Recomendaciones

- Incentivar a la población de Yungay a partir de la dirección de las municipalidades distritales sobre la incorporación de este nuevo material en la construcción de sus viviendas de adobe, ya que según los resultados obtenidos del laboratorio aporta resistencia y durabilidad a los muros, ofreciéndoles viviendas con paredes muchos más resistentes y seguras antes sismos. Más aún, se espera que la metodología desarrollada en esta investigación sea utilizada y distribuida en otras comunidades y departamentos donde abunda la autoconstrucción de viviendas con adobe tradicional no reforzado.
- Realizar los ensayos in situ como es “cinta de barro” y “presencia de arcilla o resistencia seca” que recomienda la Normativa E.080. Con la finalidad de comprobar la existencia de arcilla en el suelo, en caso que esté presente un alto contenido de arcilla se recomienda añadir arena gruesa para que el momento del secado de las unidades, no presente fisuras ni retracción. Asimismo, realizar los ensayos de clasificación de la muestra de estudio.
- Para la fabricación de las unidades, pilas y muretes, se debe contratar personal calificado y con experiencia, con el objetivo que las unidades tengan un buen proceso constructivo y no presenten asimetría. De esta manera se controlaría y disminuiría el alabeo, la variabilidad dimensional y la dispersión de datos. Asimismo, realizar todos los ensayos correspondientes para poder determinar las propiedades relacionadas con la durabilidad y la resistencia estructural de las unidades de albañilería, tales son: Variabilidad dimensional, alabeo, absorción, succión, resistencia a compresión, flexión, resistencia a compresión axial y resistencia a compresión diagonal, para poder

comprobar realmente si el material suelo y el refuerzo utilizado es bueno para la construcción de viviendas.

- La presente investigación debe ser complementada con un estudio de las propiedades mecánicas de los muros con bloques de suelo adicionados con fibra de agave y sin refuerzo horizontal con respecto a los muros adicionados con fibra de agave y con doble refuerzo horizontal en cada junta. Con el objetivo de identificar la variación del esfuerzo cortante en relación con el refuerzo horizontal empleado y la tipología de falla. Para futuras investigaciones se recomienda analizar el método de conservación de las fibras para disminuir los costos de tratamiento, a su vez utilizar métodos numéricos o métodos de elementos finitos no lineales para predecir las posibles fallas del bloque según las cargas actuantes.

APÉNDICES Y ANEXOS

Fuentes de Información

- Abanto Castillo, T. F. (1995) Análisis y diseño de albañilería confinada. (1ª ed).
- Abdelkader, F., Mohamed, R., Cheikh, K. y Rabehi, R. (2023). Propiedades mecánicas de bloques de tierra comprimida reforzada con fibras de vidrio y fibras de palma: Experimentos y simulación. *Revista de Ingeniería y Ciencias Exactas*, 9 (5), 1-13. <https://doi.org/10.18540/jcecvl9iss5pp15916-01e>.
- Achenza, M. y Sanna, U. (2008). Il manuale tematico della terra cruda. Interventi di trasferimento di Attività e Competenze Ambientali (ITACA), Cagliari-Sassani.
- Aguirre Rivera, J. R., Charcas Salazar, H., y Flores Flores, J. L. (2001). El Maguey Mezcalero Potosino. Consejo Potosino de Ciencia y Tecnología.
- Aliaga Campos, S y Gonzales Orihuela, E. M. (2020). Propuesta de mallas de fibras de maguey para mejorar la resistencia de muros de adobe en el distrito de Colcabamba – Huancavelica. [Tesis de pregrado-Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <http://hdl.handle.net/10757/651586>
- AlShuhail, K., Aldawoud, A., Syarif, J., & Abdoun, I. A. (2021). Enhancing the performance of compressed soil bricks with natural additives: Wood chips and date palm fibers. *Construction and Building Materials*, 295, 1-8. <https://doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.12>.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (2004) Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada. Colombia.
- ASTM E111-17 (2017). Standard Test Method for Young’s Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus.

- ASTM Internacional (2007). ASTM D 422: Método de Ensayo Estándar para el Análisis Granulométrico. p.1.
- ASTM International (2017). ASTM D4318: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils. p. 20.
- Avalos Jacobo, V. H. (2014). Texto: el método científico aplicado en la elaboración de tesis para optar el título profesional de ingeniero químico. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional UNAC. <https://docplayer.es/54861060-Universidad-nacional-del-callao-facultad-de-ingenieria-quimica.html>.
- Bedoya Montoya, Carlos Mauricio. (2011). Construcción Sostenible: Para volver al camino. Biblioteca Jurídica Diké.
- Bezazi, A., Belaadi, A., Bourchak, M., Scarpa, F., & Boba, K. (2014). Novel extraction techniques, chemical and machanical characterisation of Agave americana L. natural fibres. *El Sevier*, 66, pp. 194-203. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2014.05.014>
- Bonilla, O., Trujillo, H., Guerra, S., Hugo, G. V., & Lopéz, C. (2009). Extracción y Caracterización de la fibra de la hoja de la Lengua de Suegra (*Sansevieria trifasciata*). *Revista Politécnica*, pp. 167-178. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/5549>.
- Borja Suarez, M. (2016) Metodología de la investigación científica para ingenieros.
- Bos, H. L., Müssig, J y Van den Oever, M. J. A. (2006). Mechanical properties of short-flax-fibre reinforced compounds. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 37(10), pp. 1591–1604. doi: 10.1016/j.compositesa.2005.10.011.
- Braja M, Das. (2013) Fundamentos de ingeniería geotécnica. (4a ed.) Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.

- Catalán Diez, Raquel. (2018) Construcción con tierra. Reinterpretación de una tradición. [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid].
<https://oa.upm.es/51489/>
- Cevallos Luna, A.S. (2012) Determinación del límite líquido y plástico de los suelos mediante el uso del penetrómetro cónico. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio Institucional PUCE.
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/6403>.
- Claramunt, J., Fernández Carrasco, L. J., Ventura, H., y Ardanuy, M. (2016) Natural fiber nonwoven reinforced cement composites as sustainable materials for building envelopes. *Materials*, 115, pp. 230-239. doi:10.3390/ma10020215
- Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería (2004). NTP.399.621:2004 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería. (1a ed). INDECOPI.
- Comité Técnico de Normalización de Unidades de Albañilería (2013). NTP.399.605:2013 UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería (2ª ed). INDECOPI.
- Comité Técnico de Normalización de Unidades de albañilería (2019). NTP 339.129: 2019 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos. (1a ed). INACAL.
- Condori Taipe, A. V y Solano Peñaloza, Y. A. (2019). Influencia de la fibra de maguey en la compresión, tracción y absorción del adobe. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional UNH.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2700>.

- Cordova Zamora, M. (2003). Estadística descriptiva e inferencial. (5ª ed). MOSHERA S.R.L.
- Córdova, M. (2003). Estadística descriptiva e inferencial Aplicaciones. (5ª ed). MOSHERA.
- Crespo Villalaz, Carlos. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. (5ª ed.) Limusa S.A. de C.V.
- Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S. y Vitoux, F. (1979). Construire en terre. CRAterre-Éditions Alternatives, Paris.
- Eero Sjöström (1993). Wood Chemistry Fundamentals and Applications. (2ª ed), pp. 13-14.
- Esparza Ibarra, E. L., Violante González, J., Monks, S., Iñiguez Cadena, J., Araujo Andrade, C., y Rössel Kipping, E. D. (2015). Los agaves mezcaleros del Altiplano Potosino y Zacatecano. Estudios en Biodiversidad. University of Nebraska-Lincoln, pp. 227-245.
<http://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad/20>
- Faruk, O., Bledzki, A. K., Peter Fink, H., y Mohini, S. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. El Servier, 37(11), pp. 1552–1596.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
- Fidias Gerardo, Arias Odón. (2006). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. (5ª ed). Editorial Episteme, C.A.
- Fidias Gerardo, Arias Odón. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. (6ª ed). Editorial Episteme, C.A.
- Fiore, V; Scalici, T; Nicoletti, F; Vitale, G; Prestipino, M; y Valenza, A. (2015). A new ecological chemical treatment of natural fibers: effect of baking soda on the properties of sisal fiber and its epoxy compounds. Composites Part A: Engineering, pp.151-159.
[doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.09.028](http://dx.doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.09.028).

- Françoise Berzin, B. V. (2021) Thermoplastic Natural Fiber Based Composites. Fiber Reinforced Composites: Constituents, Compatibility, Perspectives, and Applications. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821090-1.00015-6>.
- Gallegos, H. y Casabonne C. (2005) Albañilería Estructural. (3a ed.) Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García Mendoza, A. J. (2007). Los Agaves de México. Revista Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 87(1), pp. 14-23. <https://www.redalyc.org/pdf/644/64408704.pdf>
- García Mendoza, A. J. (2007) Los agaves de México. Ciencias, 87, pp. 14-23.
- Guevara Carrión, M. L y Merino Riofrio, G. I. (2020). “Estudio Técnico – Económico de Bloques de Adobe Adicionado con Arundo Donax. Lima, 2019” [Tesis de pregrado- Universidad Católica Sedes Sapientiae] - Repositorio Institucional UCSS. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/1741>.
- Gutiérrez Aliaga, L. M y Manco Rivera, M. T. (2006). Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú. Contribución a la enciclopedia mundial de vivienda. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/158>.
- Hassan Fathy. (1976). Architecture For the Poor. University of Chicago
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, R., y Baptista Lucio, P. (2010). Metodología de la investigación. (5ª ed). McGraw Hill Interamericana Editores, S.A. DE C.V.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, R., y Baptista Lucio, P. (2003). Metodología de la investigación. (3ª ed). McGraw Hill Interamericana. Mexico.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. (6ª ed): Editorial McGraw-Hill. México.

Instituto Nacional de Calidad (2019). NTP.399.129: 2019 SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos. (1a ed). INACAL.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. Perú: Características de las viviendas particulares y los hogares Acceso a servicios Básicos.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). Perú: Evolución de la Pobreza Monetaria 2011-2022.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. Viviendas particulares según material predominante en las paredes exteriores y área de residencia.
<https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/poblacion-y-vivienda/>

Juárez, C. (2002) Concretos base cemento portland reforzados con fibras (agave lechuguilla), como material para construcción en México [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. <http://eprints.uanl.mx/5833/1/1020150648.PDF>

Kabir, M. M., Wang, H., Lau, K. T y Cardona, F. (2012). Chemical treatments on plant-based natural fibre reinforced polymer composites: An overview. *Composites Part B: Engineering*, 43(7), pp. 2883-2892. doi: 10.1016/j.compositesb.2012.04.053

Kestur G, S., Flores-Sahagun, T.H.S., Dos Santos, L.P., Dos Santos, J., Mazzaro, I y Mikowski, A. (2013). Characterization of blue agave bagasse fibers of Mexico. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 45, pp. 153-161.
doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.09.001

- L. Y. Mwaikambo, (2006) Review of the history, properties and application of plant fibres. African Journal of Science and Technology, 7(2), pp. 120-133.
- Laboratorio de Mecánica de Suelos – UNI (2006). Método de ensayo para determinar el límite líquido. 1(1), p. 6.
- Li, VC (2002). Aplicaciones de fibras de gran volumen y alto rendimiento en ingeniería civil. Revista de Ciencias Aplicadas de Polímeros, 83(3), pp. 660-686.
- Llano Alonso, Fernando H. (2015) El hombre y la técnica en Ortega y Gasset. IUS ET SCIENTIA, 1(1), pp. 1-24.
- Llumitasig Chicaiza, A. M y Siza Salazar, A. L. (2017). Estudio de la resistencia a compresión del adobe artesanal estabilizado con paja, estiércol, savia de penca de tuna, sangre de toro y análisis de su comportamiento sísmico usando un modelo a escala. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato-Ecuador]. Repositorio Institucional UTA. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/26585>
- Lodé, J. & Pino, G. (2008) Agave cordillerensis, una nueva especie para América del Sur. Cactus-Aventures International, 77, pp. 6-17.
- Marcial Blondet, Julio Vargas Neumann y Daniel Torrealva. (2007). Construcción de casas saludables y sismorresistentes de adobe reforzado con geomallas (zona de la sierra). (1ª ed.) Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Marco Sanjuán, F. J. (2021, Julio 2). Nivel de confianza. Economipedia.com. <https://economipedia.com/definiciones/nivel-de-confianza.html>.
- Medina Martínez, Norma F. (2015). Las variables complejas en investigaciones pedagógicas. Revista de Investigación Apuntes Universitarios. 5(2), pp. 9-18. <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=467646280012>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). Manual de ensayo de materiales.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016). MTC E 107. Análisis granulométrico de suelos por tamizado.

Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2017) NTP E.080. Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). Edificaciones Antisísmicas de Adobe.

Minke, G. (2001). Manual de construcción en tierra. Fin de Siglo.

Moyano, C y Moyano, J. (2014) Patologías en las construcciones de adobe y paja. Ediciones independientes.

Muentes Alvarado, J. L. (2016). Optimización en el uso de adobe sismo resistente, como material constructivo para viviendas familiares de bajo costo. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Institucional-Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/16708>

Nel Quezada, L. (2014). Estadística con SPSS 22. (1a ed) Macro E.I.R.L

Parro, C. (2015). Diccionario de Arquitectura y Construcción. Lima, Perú.

Pereira Gigogne, Hugo. (1995). Habiterra: Exposición iberoamericana de construcciones de tierra. Taller Litográfico, Colombia.

Rabat Blázquez, A. (2016) Aplicabilidad del penetrómetro cónico en la determinación del límite líquido en suelos de baja y media plasticidad [Trabajo fin de Master, Universidad de Alicante] Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/58086>.

- Re Carrera, M. A. (2016) Extracción y caracterización de la fibra de agave americana linné mediante pruebas mecánicas de tracción y tenacidad. [Tesis de Pregrado, Universidad Internacional SEK Ecuador]. Repositorio Institucional SEK. <https://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/2116>
- Real Cotto, J. J., Romero Urrea, H., Jaramillo Feijoo, L. E., Haro Alvarado, J. I., Real Roby, R. A., y Arbeláez Rodríguez G. R. (2022). Herramientas estadísticas aplicadas a la investigación científica. (1a ed). Edicumbre Editorial Corporativa.
- Rotondario, R. (2007). Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. Apuntes: Revista de estudios sobre patrimonio cultural, 20 (2), pp. 342-353. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/revApuntesArq/article/view/8989>
- Rubiños Montenegro, A.C. (2009) Propuesta de reconstrucción post-terremoto de viviendas de adobe reforzado [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/180>
- Ruiz Serrano, M. (2019) Conformación de bloques de adobe con residuos de agave “Angustifolia Haw”. Estrategia para el desarrollo local sustentable en Santa María La Asunción, Zumpahuacán, Estado de México. [Tesis de Posgrado, Universidad Autónoma del Estado de México] Repositorio Institucional UAEM. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/105029>
- San Bartolomé (2007) Comentarios de la Norma Técnica Peruana E,070. SENCICO
- San Bartolomé, A. (1994) Construcciones de Albañilería -Comportamiento Sísmico y Diseño Estructural-. (1a ed.) Pontificia Universidad Católica del Perú.
- San Bartolomé, A., Quiun, D. y Silva, W. (2018). Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. (2ª ed.) Pontificia Universidad Católica del Perú.

- Santillán Alarcón, N. E. (2020) Utilización de fibras naturales para el desarrollo de morteros reforzados con fibras. [Trabajo Final de Master, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/2117/192804>
- Satyanarayana Kestur G., Thais H.S. Flores-Sahagun, Lucas Pereira Dos Santos, Juliana Dos Santos, Irineu Mazzaro., y Alexandre Mikowski. (2013). Characterization of blue agave bagasse fibers of Mexico. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. Vol. 45, pp. 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2012.09.001>.
- Serrano Lazo, M. A. (2016). Herramientas para la capacitación en reforzamiento con malla de cuerdas de viviendas de adobe autoconstruidas en áreas sísmicas. [Tesis de posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/7019>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2020). Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada. SENCICO.
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2020). Norma E.070. Albañilería. SENCICO.
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (2009). Manual de Construcciones Sismorresistentes en Adobe Tecnología de Geomalla. (1ª ed). Andrea Ediciones S.A.C. COSUDE - GTZ
- Vásquez Campos, G. (2019). Resistencia a la compresión del bloque de adobe compactado con adición de filamentos de malla mosquitera y malla raschel – Cajamarca 2018 [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/23085>

- Xue, L., Lope, T., y Satyanarayan, P. (2007) Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*. 15, pp. 25-33. Doi 10.1007/s10924-006-0042-3
- Zambrano Sandoval, A. B. (2016) Estudio de las características físico-mecánicas de bloques de hormigón con fibra de cabuya [Tesis de Pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6935>
- Zegarra, L., San Bartolomé, A., Quiun, L., y Giesecke, A. (1997) Manual técnico para el reforzamiento de las viviendas de adobe existentes en la costa y sierra. Proyecto GTZ-CERESIS-PUCP, Lima.

Anexos

“MATRIZ DE CONSISTENCIA”

Título: Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibras de agave en la provincia de Yungay, departamento Ancash, 2022.

Pregunta general	Objetivos general	Hipótesis general	Alcance de la investigación	Técnica e instrumento	Ensayos
¿Cómo mejorar las propiedades de los bloques de suelo para la construcción de viviendas en la provincia de Yungay, departamento de Ancash?	Realizar el estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibras de agave en la provincia de Yungay, departamento Ancash, 2022	La adición de fibra de agave influirá directamente en la mejora del 20 % de las propiedades y costos del bloque de suelo.	Descriptivo	Técnica: Observación directa Instrumento: Formatos de pruebas in situ y Formatos de ensayos de laboratorio y análisis de costos unitarios	Ensayos al bloque de suelo (Variabilidad dimensional, alabeo, succión, absorción, resistencia a la comprensión y flexión) Ensayos a pilas y muretes de bloques de suelo (Resistencia a la comprensión axial más módulo de elasticidad y resistencia a la comprensión diagonal más módulo de corte)

Preguntas específicas	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Alcance de la investigación	Técnica e instrumento	Ensayos
¿Cuáles son las propiedades del suelo y la fibra de agave torcido?	Determinar las propiedades del suelo y la fibra de agave torcido	Las propiedades del suelo y la fibra de agave, son factores que influirán en la mejora de un 25 % de la resistencia de los bloques de suelo	Descriptivo	Técnica: Observación directa Instrumentos: Formatos de pruebas in situ y Formatos de ensayos de laboratorio	Ensayos de Laboratorio (análisis granulométrico por tamizado, contenido de humedad, límites de atterberg y absorción a la fibra)
¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de bloques de suelo con y sin adición de fibras de agave torcido?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de bloques de suelo con y sin adición de fibra de agave torcido	Las propiedades físico-mecánicas de los bloques de suelo adicionados con fibras de agave presentaran una mayor resistencia del 15 % a comparación de los bloques de suelo no adicionados con fibra de agave		Técnica: Observación directa Instrumento: Formatos de ensayos de laboratorio	Ensayo de Variabilidad dimensional, Alabeo, Succión, Absorción, Resistencia a la compresión, flexión, Ensayo axial más módulo de elasticidad y Ensayo diagonal más módulo de corte

¿Cuál es el costo económico de la elaboración de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido?

Realizar la valoración económica de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcido

El costo de fabricación de los bloques de suelo adicionados con fibra de agave será mayor en un 50 % del costo de fabricación de los bloques de suelo sin adicinante.

Software S10

Anexos**FICHAS IN SITU “CINTA DE BARRO” Y “PRESENCIA DE ARCILLA O
RESISTENCIA SECA”**



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PRIMERA EVALUACIÓN DE LA EXISTENCIA DE ARCILLA MEDIANTE LA PRUEBA IN SITU DE “CINTA DE BARRO” - NORMA E.080

PROYECTO: ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE BLOQUES DE SUELO ADICIONADOS CON FIBRA DE AGAVE EN LA PROVINCIA DE YUNGAY, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2022.

TESISTA: FLOR ELENA CORDOVA CARRION

UBICACIÓN: PROVINCIA DE YUNGAY - ANCASH

FECHA: 14 de Setiembre de 2023

Consideraciones:

Tiempo de prueba: 10 minutos

Diámetro del cilindro: 12 mm

Espesor de cinta formada: 4 mm

Parámetros	Criterio	Rango
Suelo muy arcilloso	Cinta alcanza	20 cm – 25 cm
Suelo con poca arcilla	Cinta se corta	< 10 cm

Referencia: Norma E.080

Procedimiento:

Con la muestra de suelo de la cantera escogida para la elaboración de los adobes, se realizó una mezcla consistente, con la cual se formó un cilindro de diámetro de 12 mm, se colocó en la palma de la mano y se comenzó a aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice hasta formar una cinta de 4 mm de espesor y se dejó descolgar.

Resultados

Se midió la cinta de 4 mm de espesor formada en campo mediante una cinta métrica. Las cintas medidas alcanzaron una longitud promedio de 13 cm, siendo un indicador que la muestra de suelo contiene una buena cantidad de arcilla, se constata la prueba mediante registro fotográfico:



Prueba In Situ	Parámetro	Valor	Resultado
Cinta de barro	Longitud de la cinta rota	13 cm	Suelo con buena cantidad de arcilla

Fuente: Elaboración propia

Revisado por: Dr. Ing. Maiquel López Silva

MAIQUEL LOPEZ SILVA
 Ingeniero Hidráulico
 CIP Nº 2960 -T
 Vigencia: del 16/02/2023 al 15/02/2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

SEGUNDA EVALUACIÓN DE LA EXISTENCIA DE ARCILLA MEDIANTE LA PRUEBA IN SITU DE “PRESENCIA DE ARCILLA” O “RESISTENCIA SECA” - NORMA E.080

PROYECTO: ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO DE BLOQUES DE SUELO ADICIONADOS CON FIBRA DE AGAVE EN LA PROVINCIA DE YUNGAY, DEPARTAMENTO DE ANCASH, 2022.

TESISTA: FLOR ELENA CORDOVA CARRION

UBICACIÓN: PROVINCIA DE YUNGAY - ANCASH

FECHA: 14 de Setiembre de 2023

Consideraciones:

Tiempo de prueba: 48 Horas

Cantidad de esferas: 4 und

Parámetros	Criterio	Evaluación
Presionar la esfera con el pulgar y el dedo indica	Si no se rompe	Si sirve el suelo, presencia adecuada de arcillas.
Presionar la esfera con el pulgar y el dedo indica	Si se rompe	No sirve el suelo, presencia inadecuada de arcillas.

Referencia: Norma E.080

Procedimiento:

Con la muestra de suelo de la cantera escogida para la elaboración de los adobes, se realizó una mezcla consistente, con la cual se elaboraron 4 esferas de barro y se dejaron secar por 48 h, luego se presionaron con el pulgar y el dedo indica.

Resultados:

De esta prueba se pudo constatar que ninguna de las esferas presentó fractura al momento de presionarlas, por el contrario, se evidenció la “buena resistencia seca” indicativo de una presencia adecuada de arcillas. Se constata dicha prueba mediante registros fotográficos:



Prueba In Situ	Parámetro	Criterio	Resultado
Presencia de arcilla o Resistencias seca	Resistencia seca a la presión	No se rompió	Buena resistencia seca, indicativo de presencia de arcillas, puede ser usada para la fabricación de adobes.

Fuente: Elaboración propia

Revisado por: Dr. Ing. Maiquel López Silva

MAIQUEL LOPEZ SILVA

Ingeniero Hidráulico

CIP N° 2980 -T

Vigencia: del 16/02/2023 al 15/02/2024

**FICHAS DE LOS “ENSAYOS DE CLASIFICACION DE LA MUESTRA DE SUELO”
Y DE LOS “ENSAYOS FISICOS Y MECANICOS DE LOS BLOQUES DE SUELO”**



RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417
 Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos
www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	4
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha de Elaboración	30/10/2023 - 31/10/2023

TÍTULO : Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"
SOLICITANTE : Flor Elena Cordova Carrion
UBICACIÓN : Yungay - Ancash
Calicata : --
Muestra : --
Profundidad : -- m **Fecha de ensayo:** 30/10/2023 - 31/10/2023

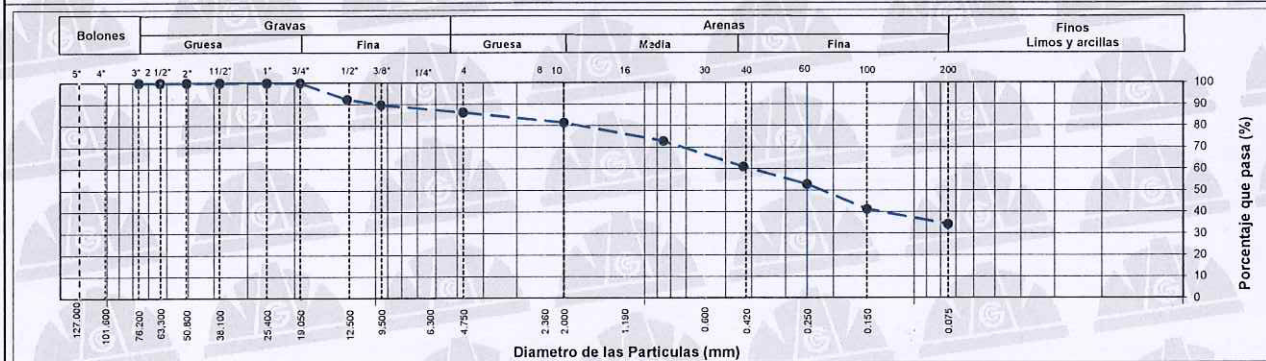
TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
	(mm)					
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)		
2 1/2"	63.500	100.00		Contenido Humedad (%)	4.1	
2"	50.800	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)		
1 1/2"	38.100	100.00		Límite Líquido (LL)	24	
1"	25.400	100.00		Límite Plástico (LP)	11	
3/4"	19.050	100.00		Índice Plástico (IP)	13	
1/2"	12.700	92.31		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)		
3/8"	9.530	89.77		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
Nº 4	4.750	86.31		13.7	52.0	34.3
Nº 10	2.000	81.45		CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
Nº 20	0.850	72.89		Clasificación SUCS (ASTM D2487)		SC
Nº 40	0.430	61.02		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)		A-2-6 (0.57)
Nº 60	0.250	52.84		Nombre del Grupo		
Nº 100	0.150	41.28		Arena arcillosa		
Nº 200	0.075	34.32				

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: SC Arena arcillosa
 ASTM 2488

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a 110±5°C.

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de GEOCONTROL PERU


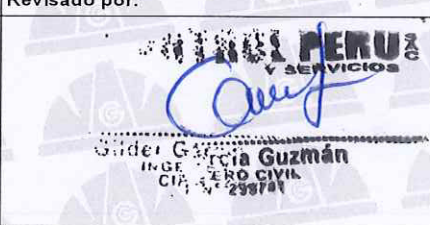

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 ENSAYO DE MATERIALES Kathrine R. Toribio Rodríguez T.E.C. DE LABORATORIO	 GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-CO-009																																																																								
		Revisión	2																																																																								
		Aprobado	GCP																																																																								
		Fecha	16/11/2023 - 18/11/2023																																																																								
LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS																																																																											
Normas Referencia : NTP 400.022 / ASTM C128																																																																											
REFERENCIA	: Datos de laboratorio																																																																										
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion																																																																										
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"																																																																										
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS																																																																										
MUESTRA	: 30 gr de fibra de agave torcida sin tratar y 30 gr de fibra con tratamiento de bicarbonato de sodio																																																																										
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash																																																																										
FECHA DE FABRICACIÓN	: 20/09/2023 - 22/09/2023																																																																										
FECHA DE ENSAYO	: 16/11/2023 - 18/11/2023																																																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Porcentaje de absorcion de la fibra de agave sin tratamiento</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Tiempo de Saturacion (min)</th> <th>Peso seco (gr)</th> <th>Peso Saturado Superficialmente seco (gr)</th> <th>Peso del agua absorbida (gr)</th> <th>Absorcion relativa al peso seco (gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1440.00</td> <td>10.00</td> <td>20.60</td> <td>10.60</td> <td>106.0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1440.00</td> <td>10.00</td> <td>20.55</td> <td>10.55</td> <td>105.5%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1440.00</td> <td>10.00</td> <td>20.21</td> <td>10.21</td> <td>102.1%</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">PROMEDIO:</td> <td>104.5%</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Porcentaje de absorcion de la fibra de agave con tratamiento</th> </tr> <tr> <th>Muestra</th> <th>Tiempo de Saturacion (min)</th> <th>Peso seco (gr)</th> <th>Peso Saturado Superficialmente seco (gr)</th> <th>Peso del agua absorbida (gr)</th> <th>Absorcion relativa al peso seco (gr)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1440.00</td> <td>10.00</td> <td>20.10</td> <td>10.10</td> <td>101.0%</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1440.00</td> <td>10.00</td> <td>19.95</td> <td>9.95</td> <td>99.5%</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1440.00</td> <td>10.00</td> <td>19.70</td> <td>9.70</td> <td>97.0%</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: right;">PROMEDIO:</td> <td>99.2%</td> </tr> </tbody> </table>				Porcentaje de absorcion de la fibra de agave sin tratamiento						Muestra	Tiempo de Saturacion (min)	Peso seco (gr)	Peso Saturado Superficialmente seco (gr)	Peso del agua absorbida (gr)	Absorcion relativa al peso seco (gr)	1	1440.00	10.00	20.60	10.60	106.0%	2	1440.00	10.00	20.55	10.55	105.5%	3	1440.00	10.00	20.21	10.21	102.1%	PROMEDIO:					104.5%	Porcentaje de absorcion de la fibra de agave con tratamiento						Muestra	Tiempo de Saturacion (min)	Peso seco (gr)	Peso Saturado Superficialmente seco (gr)	Peso del agua absorbida (gr)	Absorcion relativa al peso seco (gr)	1	1440.00	10.00	20.10	10.10	101.0%	2	1440.00	10.00	19.95	9.95	99.5%	3	1440.00	10.00	19.70	9.70	97.0%	PROMEDIO:					99.2%
Porcentaje de absorcion de la fibra de agave sin tratamiento																																																																											
Muestra	Tiempo de Saturacion (min)	Peso seco (gr)	Peso Saturado Superficialmente seco (gr)	Peso del agua absorbida (gr)	Absorcion relativa al peso seco (gr)																																																																						
1	1440.00	10.00	20.60	10.60	106.0%																																																																						
2	1440.00	10.00	20.55	10.55	105.5%																																																																						
3	1440.00	10.00	20.21	10.21	102.1%																																																																						
PROMEDIO:					104.5%																																																																						
Porcentaje de absorcion de la fibra de agave con tratamiento																																																																											
Muestra	Tiempo de Saturacion (min)	Peso seco (gr)	Peso Saturado Superficialmente seco (gr)	Peso del agua absorbida (gr)	Absorcion relativa al peso seco (gr)																																																																						
1	1440.00	10.00	20.10	10.10	101.0%																																																																						
2	1440.00	10.00	19.95	9.95	99.5%																																																																						
3	1440.00	10.00	19.70	9.70	97.0%																																																																						
PROMEDIO:					99.2%																																																																						
OBSERVACIONES:																																																																											
Muestras identificadas por el solicitante																																																																											
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU																																																																											
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:																																																																									
																																																																											
Chefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC																																																																									

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO VARIACIÓN DIMENSIONAL (VD)	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	GCP
		Fecha	2/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

NTP 399.613, 399.604 / NTP E.070


REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS
MUESTRA	: Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm)
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash
FECHA DE FABRICACIÓN	: 02/10/2023 - 03/10/2023
FECHA DE ENSAYO	: 02/11/2023

VARIABILIDAD DIMENSIONAL-BLOQUE DE SUELO PATRON								
Especimen	Largo				PROM	Largo Nominal	Variación en (mm)	Variación (%)
	L1	L2	L3	L4				
BP1	300.00	301.00	303.00	304.00	302.00	310.00	8.00	2.58
BP2	301.00	301.00	305.00	306.00	303.25	310.00	6.75	2.18
BP3	303.00	303.00	305.00	308.00	304.75	310.00	5.25	1.69
BP4	300.00	301.00	307.00	306.00	303.50	310.00	6.50	2.10
BP5	302.00	304.00	302.00	304.00	303.00	310.00	7.00	2.26
BP6	303.00	302.00	303.00	305.00	303.25	310.00	6.75	2.18
Largo Promedio (cm)					303.29	310.00	6.71	2.16
Largo Mínimo (cm)					300.00			
Porcentaje de Variación (%)					2.16			2.16
Especimen	Ancho				PROM	Ancho Nominal	Variación en (mm)	Variación (%)
	A1	A2	A3	A4				
BP1	191.00	192.00	192.00	193.00	192.00	200.00	8.00	4.00
BP2	191.00	193.00	193.00	199.00	194.00	200.00	6.00	3.00
BP3	190.00	192.00	200.00	198.00	195.00	200.00	5.00	2.50
BP4	194.00	192.00	193.00	197.00	194.00	200.00	6.00	3.00
BP5	192.00	191.00	195.00	200.00	194.50	200.00	5.50	2.75
BP6	191.00	190.00	193.00	195.00	192.25	200.00	7.75	3.88
Ancho Promedio (cm)					193.63	200.00	6.38	3.19
Ancho Mínimo (cm)					190.00			
Porcentaje de Variación (%)					3.19			3.19
Especimen	Altura				PROM	Ancho Nominal	Variación en (mm)	Variación (%)
	H1	H2	H3	H4				
BP1	110.00	112.00	111.00	110.00	110.75	120.00	9.25	7.71
BP2	112.00	110.00	115.00	113.00	112.50	120.00	7.50	6.25
BP3	110.00	112.00	113.00	113.00	112.00	120.00	8.00	6.67
BP4	117.00	120.00	120.00	117.00	118.50	120.00	1.50	1.25
BP5	114.00	110.00	112.00	110.00	111.50	120.00	8.50	7.08
BP6	114.00	115.00	110.00	112.00	112.75	120.00	7.25	6.04
Altura Promedio (cm)					113.00	120.00	7.00	5.83
Altura Mínimo (cm)					110.00			
Porcentaje de Variación (%)					5.83			5.83

OBSERVACIONES:

* Muestras identificadas por el solicitante

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU

Elaborado por:  Katherine R. Toribio Rodriguez TÉC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO VARIACIÓN DIMENSIONAL (VD)	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	GCP
		Fecha	2/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS

NTP 399.613, 399.604 / NTP E.070

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS
MUESTRA	: Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm)
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash
FECHA DE FABRICACIÓN	: 02/10/2023 - 03/10/2023
FECHA DE ENSAYO	: 02/11/2023



VARIABILIDAD DIMENSIONAL-BLOQUE DE SUELO ADICIONADO CON FIBRA DE AGAVE TORCIDA

Especimen	Largo				PROM	Largo Nominal	Variación en (mm)	Variación (%)
	L1	L2	L3	L4				
BA1	303.00	305.00	304.00	305.00	304.25	310.00	5.75	1.85
BA2	304.00	306.00	303.00	303.00	304.00	310.00	6.00	1.94
BA3	305.00	304.00	307.00	305.00	305.25	310.00	4.75	1.53
BA4	303.00	306.00	304.00	303.00	304.00	310.00	6.00	1.94
BA5	303.00	304.00	306.00	305.00	304.50	310.00	5.50	1.77
BA6	303.00	305.00	304.00	305.00	304.25	310.00	5.75	1.85
Largo Promedio (cm)					304.38	310.00	5.63	1.81
Largo Mínimo (cm)					303.00			
Porcentaje de Variación (%)					1.81			1.81
Especimen	Ancho				PROM	Ancho Nominal	Variación en (mm)	Variación (%)
	A1	A2	A3	A4				
BA1	192.00	194.00	192.00	193.00	192.75	200.00	7.25	3.63
BA2	194.00	194.00	195.00	195.00	194.50	200.00	5.50	2.75
BA3	193.00	196.00	200.00	198.00	196.75	200.00	3.25	1.63
BA4	193.00	193.00	193.00	193.00	193.00	200.00	7.00	3.50
BA5	192.00	196.00	200.00	196.00	196.00	200.00	4.00	2.00
BA6	198.00	196.00	199.00	198.00	197.75	200.00	2.25	1.13
Ancho Promedio (cm)					195.13	200.00	4.88	2.44
Ancho Mínimo (cm)					192.00			
Porcentaje de Variación (%)					2.44			2.44
Especimen	Altura				PROM	Ancho Nominal	Variación en (mm)	Variación (%)
	H1	H2	H3	H4				
BA1	112.00	114.00	113.00	110.00	112.25	120.00	7.75	6.46
BA2	115.00	114.00	114.00	115.00	114.50	120.00	5.50	4.58
BA3	110.00	112.00	117.00	112.00	112.75	120.00	7.25	6.04
BA4	114.00	120.00	114.00	115.00	115.75	120.00	4.25	3.54
BA5	117.00	115.00	114.00	120.00	116.50	120.00	3.50	2.92
BA6	112.00	114.00	115.00	112.00	113.25	120.00	6.75	5.63
Altura Promedio (cm)					114.17	120.00	5.83	4.86
Altura Mínimo (cm)					110.00			
Porcentaje de Variación (%)					4.86			4.86

OBSERVACIONES:

* Muestras identificadas por el solicitante

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU




Elaborado por:  Katherine R. Toribio Rodriguez TÉC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder Garcia Guzman INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  Jose L. Lopez Garcia Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ALABEO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	GCP
		Fecha	:03/11/2023
LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS NTP 399.613 / NTP E.070			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion		
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"		
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS		
MUESTRA	: Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm)		
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash		
FECHA DE FABRICACIÓN	:02/10/2023 - 03/10/2023		
FECHA DE ENSAYO	:03/11/2023		

ADOBE PATRÓN				
Muestra	Cara Superior		Cara Inferior	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
BP1	3.00	0.00	3.00	0.00
BP2	2.00	0.00	2.00	0.00
BP3	3.00	0.00	1.00	0.00
BP4	5.00	0.00	1.00	0.00
BP5	3.00	0.00	2.00	0.00
BP6	2.00	0.00	1.00	0.00
Prom (mm):	3.00	0.00	1.67	0.00
Convexidad Prom (mm):	2.50			
Concavidad Prom (mm):	-			
Alabeo Prom (mm):	2.50			

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <p>ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodriguez TÉC. DE LABORATORIO</p>	 <p>Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p>	 <p>CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnicos de Laboratorio</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ALABEO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	GCP
		Fecha	:03/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613 / NTP E.070

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS
MUESTRA	: Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm)
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash
FECHA DE FABRICACIÓN	: 02/10/2023 - 03/10/2023
FECHA DE ENSAYO	: 03/11/2023

Muestra	ADOBE ADICIONADO CON FIBRA DE AGAVE TORCIDA			
	Cara Superior		Cara Inferior	
	Cóncavo	Convexo	Cóncavo	Convexo
BA1	3.00	0.00	3.00	0.00
BA2	2.00	0.00	1.00	0.00
BA3	2.00	0.00	1.00	0.00
BA4	4.00	0.00	3.00	0.00
BA5	1.00	0.00	1.00	0.00
BA6	2.00	0.00	2.00	0.00
Prom (mm):	2.33	0.00	1.83	0.00
Convexidad Prom (mm):	2.08			
Concavidad Prom (mm):	-			
Alabeo Prom (mm):	2.08			

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Katherine R. Toribio Rodriguez <small>TÉC. DE LABORATORIO</small>	 Gilder García Guzmán <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>CIP N° 288761</small>	 José L. Lopez Garcia <small>Gerente de Laboratorio</small>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO SUCCIÓN	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	GCP
		Fecha	09/11/2023 - 11/11/2023

LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UGSS
MUESTRA	: Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm)
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash
FECHA DE FABRICACIÓN	: 02/10/2023 - 03/10/2023
FECHA DE ENSAYO	: 09/11/2023 - 11/11/2023

Especimen (Nº)	Peso		Largo (cm)	Ancho (cm)	Area Bruta (L x A)	W (gr)	X (gr)
	Peso seco (gr)	Peso con agua Succiónada (1 min.)					
BP1	12038.00	12043.00	30.60	20.00	612.00	5.00	1.63
BP2	11867.00	11873.00	30.50	20.00	610.00	6.00	1.97
BP3	12355.00	12359.00	30.40	20.10	611.04	4.00	1.31
BP4	12590.00	12593.00	30.40	20.10	611.04	3.00	0.98
BP5	12199.00	12203.00	30.50	20.00	610.00	4.00	1.31
BP6	12393.00	12395.00	30.60	20.10	615.06	2.00	0.65
Promedio:						4.00	1.31
D.E:							0.46
C.V: (%)							35.50

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU


Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <p>ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO</p>	 <p>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p>	 <p>GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio</p>
jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO SUCCIÓN	Código	FOR-LAB-CO-009				
		Revisión	2				
		Aprobado	GCP				
		Fecha	09/11/2023 - 11/10/2023				
LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS NTP 399.613							
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Flor Elena Cordova Carrion PROYECTO : "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022" PROCEDENCIA : PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS MUESTRA : Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm) UBICACIÓN : Yungay - Ancash FECHA DE FABRICACIÓN : 02/10/2023 - 03/10/2023 FECHA DE ENSAYO : 09/11/2023 - 11/10/2023							
ADOBE ADICIONADO							
Especimen (Nº)	Peso		Largo (cm)	Ancho (cm)	Area Bruta (L x A)	W (gr)	X (gr)
	Peso seco (gr)	Peso con agua Succiónada (1 min.)					
BA1	12126.00	12130.00	30.20	20.00	604.00	4.00	1.32
BA2	12581.00	12583.00	30.50	20.10	613.05	2.00	0.65
BA3	12247.00	12250.00	30.40	20.00	608.00	3.00	0.99
BA4	12343.00	12345.00	30.60	20.10	615.06	2.00	0.65
BA5	12662.00	12665.00	30.50	20.10	613.05	3.00	0.98
BA6	12652.00	12654.00	30.40	20.00	608.00	2.00	0.66
Promedio:						2.67	0.88
D.E:							0.27
C.V: (%)							31.19
OBSERVACIONES: * Muestras identificadas por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU							
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:			
		 Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741					
Encargado de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC			

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-CO-009																																
		Revisión	2																																
		Aprobado	GCP																																
		Fecha	13/11/2023 - 15/11/2023																																
LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS NTP 399.613, 399.604 y E.070																																			
<p>REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Flor Elena Cordova Carrion PROYECTO : "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022" PROCEDENCIA : PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS MUESTRA : Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm) UBICACIÓN : Yungay - Ancash FECHA DE FABRICACIÓN : 02/10/2023 - 03/10/2023 FECHA DE ENSAYO : 13/11/2023 - 15/11/2023</p>																																			
<table border="1" data-bbox="655 786 1121 1066" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">ABSORCION - ADOBE PATRON</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Especimen</th> <th style="text-align: center;">Peso seco (Gr)</th> <th style="text-align: center;">Peso Saturado (Gr) 24 Hr</th> <th style="text-align: center;">Absorcion (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">BP1</td> <td style="text-align: center;">12043.00</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BP2</td> <td style="text-align: center;">12250.00</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BP3</td> <td style="text-align: center;">12355.00</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BP4</td> <td style="text-align: center;">12510.00</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BP5</td> <td style="text-align: center;">12299.00</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">BP6</td> <td style="text-align: center;">12313.00</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table> <div data-bbox="762 1093 1013 1240" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p style="text-align: center;">Nota: Los bloques patrón no soportaron la prueba de sumersion por 24 h, se deshicieron</p> </div> <p>OBSERVACIONES: * Muestras identificadas por el solicitante * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU</p>				ABSORCION - ADOBE PATRON				Especimen	Peso seco (Gr)	Peso Saturado (Gr) 24 Hr	Absorcion (%)	BP1	12043.00	-	-	BP2	12250.00	-	-	BP3	12355.00	-	-	BP4	12510.00	-	-	BP5	12299.00	-	-	BP6	12313.00	-	-
ABSORCION - ADOBE PATRON																																			
Especimen	Peso seco (Gr)	Peso Saturado (Gr) 24 Hr	Absorcion (%)																																
BP1	12043.00	-	-																																
BP2	12250.00	-	-																																
BP3	12355.00	-	-																																
BP4	12510.00	-	-																																
BP5	12299.00	-	-																																
BP6	12313.00	-	-																																
Elaborado por:  <p style="text-align: center;">Jefe de Laboratorio</p>	Revisado por:  <p style="text-align: center;">Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p> <p style="text-align: center;">Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	Aprobado por:  <p style="text-align: center;">José L. López García Técnico de Laboratorio</p> <p style="text-align: center;">Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC</p>																																	

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABSORCIÓN	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	GCP
		Fecha	13/11/2023 15/11/2023

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS
NTP 399.613, 399.604 y E.070**

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS
MUESTRA	: Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm)
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash
FECHA DE FABRICACIÓN	: 02/10/2023 - 03/10/2023
FECHA DE ENSAYO	: 13/11/2023 15/11/2023




ABSORCION - ADOBE ADICIONADO CON FIBRA DE AGAVE TORCIDA			
Especimen	Peso seco (Gr)	Peso	
		Saturado (Gr)	Absorcion (%)
BA1	12156.00	-	-
BA2	12541.00	-	-
BA3	12347.00	-	-
BA4	12343.00	-	-
BA5	12564.00	-	-
BA6	12641.00	-	-

Nota: Los adobes adicionados con fibra de agave no soportaron la prueba de sustrerion por 24 h, se deshicieron

OBSERVACIONES:

* Muestras identificadas por el solicitante

* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodriguez TEG. DE LABORATORIO	 GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE UNIDADES DE ALBAÑILERÍA	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	2
		Aprobado	GCP
		Fecha	30/10/2023

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO
NTP 399.613 y 399.604 / ASTM C 109 / NTP E.070**

REFERENCIA	Datos de laboratorio
SOLICITANTE	Flor Elena Cordova Carrion
PROYECTO	"Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"
PROCEDENCIA	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS
MUESTRA	cubos de suelo de (10 x 10 x 10 cm)
UBICACIÓN	Yungay - Ancash
FECHA DE FABRICACIÓN	03/10/2023
FECHA DE ENSAYO	30/10/2023

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Especimén	Edad (días)	Dimensiones (cm)			Área	Carga Máxima		Resistencia individual a compresión	Resistencia individual a compresión	Resistencia promedio de las 4 mejores muestras de las 6 ensayadas	Desviación Estándar	Coeficiente de variación
		L (cm)	A (cm)	E (cm)		Kn	Kg					
CP1	28.00	10.00	10.10	10.00	101.00	14.53	1482.90	1.44	14.68	15.52	0.71	4.58
CP2	28.00	10.20	10.00	10.10	102.00	15.56	1587.70	1.53	15.57			
CP3	28.00	10.20	10.20	10.00	104.04	13.48	1375.00	1.30	13.22			
CP4	28.00	10.10	10.10	10.00	102.01	16.41	1674.20	1.61	16.41			
CP5	28.00	10.10	10.00	10.00	101.00	15.25	1556.10	1.51	15.41			
CP6	28.00	10.00	10.20	10.00	102.00	12.47	1272.70	1.22	12.48			
Promedio:								1.43	14.63			
D.E								0.15	1.50			
C.V.(%)								10.27	10.27			

OBSERVACIONES:

- * Muestras identificadas por el solicitante
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU




 <p>Elaborado por:</p>	<p>Revisado por:</p>  <p>Gilder Garcia Guzman INGENIERO CIVIL CIP N° 299741</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p>CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de laboratorio</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe




LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CERTIFICADO DE ENSAYO MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO A FLEXIÓN)				Código	FOR-LTC-AL-049			
						Revisión	2			
						Aprobado	CC-JJG			
						Fecha	31/10/2023			
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399,613										
REFERENCIA	: Datos de laboratorio									
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion									
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"									
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS									
MUESTRA	: Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm)									
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash									
FECHA DE FABRICACIÓN	: 02/10/2023 - 03/10/2023									
FECHA DE ENSAYO	: 31/10/2023									
ADOBE PATRÓN										
Especímen (N°)	Carga aplicada en punto medio del adobe	Carga aplicada en punto medio del adobe	Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud entre apoyos (L)cm	Flexión individual	Flexión individual	Flexión promedio de las 4 mejores muestras de las 6 ensayadas	Desviación Estándar	Coeficiente de variación
	P (Kgf)	P (KN)				Mr (Mpa)	Mr (Kgf/cm2)			
BP1	533.60	5.23	19.70	11.20	24.20	0.08	7.84	10.65	0.59	5.51
BP2	758.50	7.43	19.80	11.10	24.30	0.11	11.33			
BP3	638.60	6.75	19.80	11.20	24.30	0.10	10.11			
BP4	668.60	6.55	19.80	11.00	24.40	0.10	10.21			
BP5	578.10	5.67	19.70	11.00	24.30	0.09	8.84			
BP6	744.70	7.30	19.80	11.20	24.30	0.11	10.93			
Promedios:						0.10	9.88			
D.E:						0.01	1.31			
C.V: (%)						13.30	13.30			
OBSERVACIONES:										
* Muestras identificadas por el solicitante										
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU										
Elaborado por:			Revisado por:			Aprobado por:				
										
Katheline R. Toribio Rodríguez TCG DE LABORATORIO			Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741			José L. López García Técnico de laboratorio				
Jefe de Laboratorio			Ingeniero de Suelos y Pavimentos			Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC				

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

Calle 21, Los Rosales de Pro mz B, It 57, Los Olivos

www.geocontrolperu.com.pe

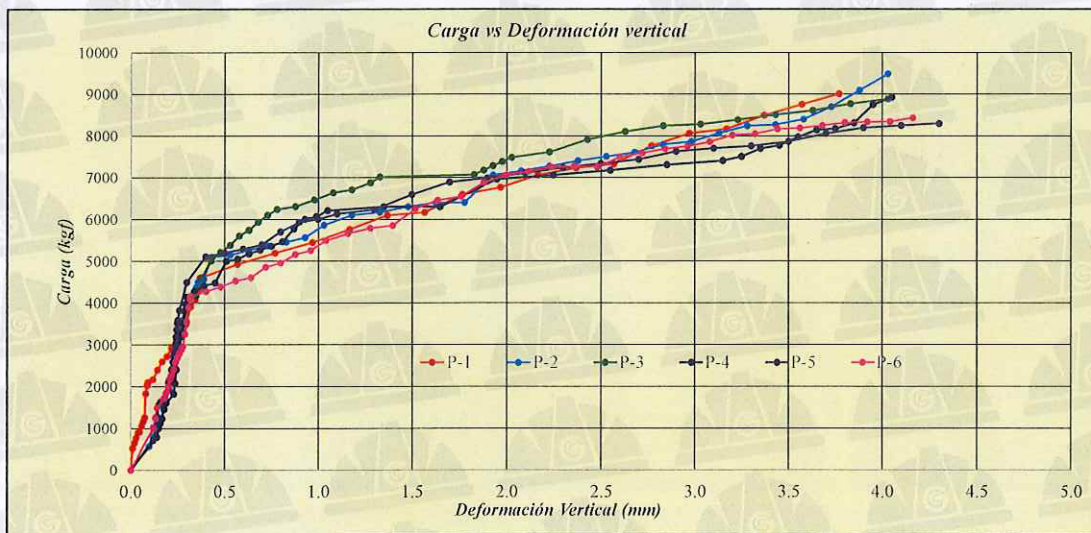
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO MÓDULO DE ROTURA (ENSAYO A FLEXIÓN)	Código FOR-LTC-AL-049									
		Revisión 2									
		Aprobado CC-JJG									
		Fecha 31/10/2023									
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Normas Referencia : NTP 400.022 / ASTM C128											
REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO PROCEDENCIA MUESTRA UBICACIÓN FECHA DE FABRICACIÓN FECHA DE ENSAYO	Datos de laboratorio Flor Elena Cordova Carrion "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022" PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS Bloques de suelo de (31 x 20 x 12 cm) Yungay - Ancash 02/10/2023 - 03/10/2023 31/10/2023										
ADOBE ADICIONADO CON FIBRA DE AGAVE											
Especimen (N°)	Carga aplicada en punto medio del adobe		Ancho (cm)	Altura (cm)	Longitud entre apoyos (Ls)cm	Flexión individual	Flexión individual	Flexión promedio de las 4 mejores muestras de las 6 ensayadas	Desviación Estándar	Coeficiente de variación	
	P (Kgf)	P (KN)				Mr (Mpa)	Mr (Kgf/cm2)				
BA1	719.50	7.05	19.70	11.00	24.30	0.108	11.002	10.33	1.39	13.46	
BA2	732.50	7.18	19.60	11.00	24.30	0.110	11.258				
BA3	546.80	5.36	19.50	11.00	24.50	0.083	8.517				
BA4	606.40	5.94	19.60	11.50	24.50	0.084	8.597				
BA5	675.80	6.62	19.60	11.00	24.50	0.103	10.472				
BA6	532.20	5.22	19.90	10.90	24.70	0.082	8.340				
					Promedio:	0.10	9.70				
					D.E:	0.01	1.36				
					C.V. (%):	13.98	13.98				
OBSERVACIONES:											
* Muestras identificadas por el solicitante											
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU											
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:									
 ENSAYO DE MATERIALES Katherine R. Toribio Rodriguez T.E.C. DE LABORATORIO	 GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS Gilder Garcia Guzman INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	 GEOCONTROL PERU S.A.C. Y SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD Jose L. Lopez Garcia Técnico de laboratorio									
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Área de Calidad GEOCONTROL PERU SAC									

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS + MÓDULO DE ELASTICIDAD (Em)	Código	FOR-LAB-ALB-006.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	04/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.605 / ASTM C 1314 / NTP E.070			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion		
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"		
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS		
MUESTRA	: 6 PILAS DE ALBAÑILERÍA (compuesta por 6 unidades de bloques de suelo patrón) (79.50 x 31 x 20 cm)		
MORTERO	: Proporción 1:1.5 de paja y tierra.		
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash		
FECHA DE FABRICACIÓN	: 06/11/2023		
FECHA DE ENSAYO	: 04/12/2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS PATRÓN			

A) **INFORMACIÓN DE PILAS:**

Pila	Altura (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Carga Máxima (kgf)
Pila reforzada #1	715	304	198	7487
Pila reforzada #2	720	304	200	9174
Pila reforzada #3	720	307	198	7029
Pila reforzada #4	710	307	198	8399
Pila reforzada #5	746	308	196	8786
Pila reforzada #6	725	308	197	7877

B) **CARGA - DEFORMACIÓN:**



OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- * Unidades de albañilería conectadas a través del mortero.

Elaborado por:  Katherine A. Foribio Rodríguez TEC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS + MÓDULO DE ELASTICIDAD (Em)	Código Revisión Aprobado Fecha	FOR-LAB-ALB-006.01 2 CC-GCP : 04/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.605 / ASTM C 1314 / NTP E.070			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion		
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"		
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS		
MUESTRA	: 6 PILAS DE ALBAÑILERIA (compuesta por 6 unidades de bloques de suelo patrón) (79.50 x 31 x 20 cm)		
MORTERO	: Proporción 1:1.5 de paja y tierra		
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash		
FECHA DE FABRICACIÓN	: 06/11/2023		
FECHA DE ENSAYO	: 04/12/2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS PATRÓN			

C) **RESISTENCIA CARACTERÍSTICA PROMEDIO (f_m)**

Pila	Carga Máxima (kgf)	Área (mm ²)	F _m (kg/cm ²)	Esbeltez	Factor	F [*] _m (kg/cm ²)	\bar{F}^*m (kg/cm ²)	D.E (kg/cm ²)	F [*] _m (kg/cm ²)
Pila reforzada #1	7487	60192	12.44	3.61	0.930	11.57	12.53	1.22	11.31
Pila reforzada #2	9174	60800	15.09	3.60	0.930	14.03			
Pila reforzada #3	7029	60786	11.56	3.64	0.940	10.87			
Pila reforzada #4	8399	60786	13.82	3.59	0.930	12.85			
Pila reforzada #5	8786	60368	14.55	3.81	0.940	13.68			
Pila reforzada #6	7877	60676	12.98	3.68	0.940	12.20			

D) **CÁLCULO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD (E_m):**




Pila	Carga Máxima (kgf)	20% de P _{max} .				50% de P _{max} .			
		P _{20%} (kgf)	CA (mm)	P _{20%} (kgf)	CP (mm)	P _{50%} (kgf)	CA (mm)	P _{50%} (kgf)	CP (mm)
Pila reforzada #1	7487	1497.4	0.108	1497.4	-	3743.5	0.276	3743.5	-
Pila reforzada #2	9174	1834.8	0.192	1834.8	-	4587.0	0.396	4587.0	-
Pila reforzada #3	7029	1405.8	0.090	1405.8	-	3514.5	0.245	3514.5	-
Pila reforzada #4	8399	1679.8	0.147	1679.8	-	4199.5	0.332	4199.5	-
Pila reforzada #5	8786	1757.2	0.164	1757.2	-	4393.0	0.354	4393.0	-
Pila reforzada #6	7877	1575.4	0.143	1575.4	-	3938.5	0.310	3938.5	-

Pila	LVDT	Em (kgf/cm ²)	$\bar{E}m$ (kgf/cm ²)	D.E (kgf/cm ²)	E'm (kgf/cm ²)
Pila reforzada #1	Anterior	6663.498	6774.49	138.60	6635.89
Pila reforzada #2	Anterior	6656.830			
Pila reforzada #3	Anterior	6714.301			
Pila reforzada #4	Anterior	6721.943			
Pila reforzada #5	Anterior	6894.032			
Pila reforzada #6	Anterior	6996.324			

F [*] _m	11.31	kgf/cm ²
E [*] _m	6635.89	kgf/cm ²

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- * Unidades de albañilería conectadas a través del mortero.

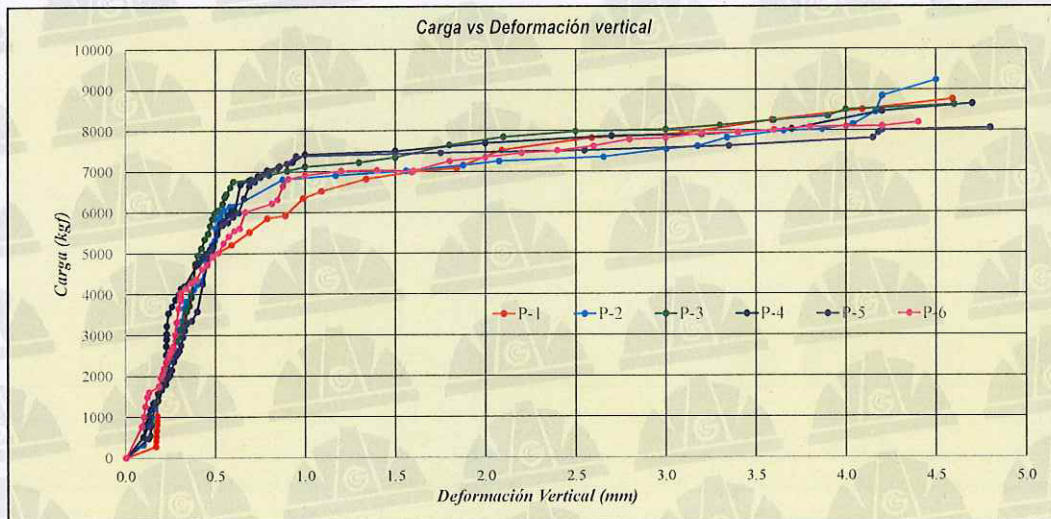
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Katherine R. Toribio Rodriguez TÉC. DE LABORATORIO	Gilder Garcia Guzman INGENIERO CIVIL Ingeniero de Suelos y Pavimentos	José L. López García Ingeniero de Laboratorio Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS + MÓDULO DE ELASTICIDAD (Em)	Código	FOR-LAB-ALB-006,01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	04/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.605 / ASTM C 1314 / NTP E.070			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Flor Elena Cordova Carrion		
PROYECTO	: "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"		
PROCEDENCIA	: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS		
MUESTRA	: 6 PILAS DE ALBAÑILERÍA (compuesta por 6 unidades de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcida y doble refuerzo horizontal en cada junta) (79.50 x 31 x 20 cm)		
MORTERO	: Proporción 1:1.5 de paja y tierra		
UBICACIÓN	: Yungay - Ancash		
FECHA DE FABRICACIÓN	: 06/11/2023		
FECHA DE ENSAYO	: 04/12/2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS CON ADICIONANTE DE FIBRA DE AGAVE			

A) INFORMACIÓN DE PILAS:

Pila	Altura (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Carga Máxima (kgf)
Pila reforzada #1	764	304	197	8764
Pila reforzada #2	760	300	197	9238
Pila reforzada #3	758	304	200	8630
Pila reforzada #4	768	305	200	8655
Pila reforzada #5	765	307	198	8058
Pila reforzada #6	760	305	200	8197

B) CARGA - DEFORMACIÓN:



OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- * Unidades de albañilería conectadas a través del mortero.

Elaborado por: Katherine R. Torales Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO	Revisado por: Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por: José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS + MÓDULO DE ELASTICIDAD (Em)	Código	FOR-LAB-ALB-006.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	04/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.605 / ASTM C 1314 / NTP E.070			
REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	Flor Elena Cordova Carrion		
PROYECTO	"Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"		
PROCEDENCIA	PROYECTO DE INVESTIGACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS		
MUESTRA	6 PILAS DE ALBANILERIA (compuesta por 6 unidades de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcida y doble refuerzo horizontal en cada junta) (79.50 x 31 x 20 cm)		
MORTERO	Proporción 1:1.5 de paja y tierra		
UBICACION	Yungay - Ancash		
FECHA DE FABRICACIÓN	06/11/2023		
FECHA DE ENSAYO	04/12/2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DE PILAS CON ADICIONANTE DE FIBRA DE AGAVE			

C) **RESISTENCIA CARACTERÍSTICA PROMEDIO (F'm)**

Pila	Carga Máxima (kgf)	Área (mm ²)	Fm (kg/cm ²)	Esbitez	Factor	F [*] m (kg/cm ²)	$\overline{F^*m}$ (kg/cm ²)	D.E (kgf/cm ²)	F'm (kgf/cm ²)
Pila reforzada #1	8764	59888	14.63	3.88	0.945	13.83	13.42	0.82	12.60
Pila reforzada #2	9238	59100	15.63	3.86	0.944	14.76			
Pila reforzada #3	8630	60800	14.19	3.79	0.942	13.37			
Pila reforzada #4	8655	61000	14.19	3.84	0.942	13.37			
Pila reforzada #5	8058	60786	13.26	3.86	0.944	12.51			
Pila reforzada #6	8197	61000	13.44	3.80	0.942	12.66			

D) **CÁLCULO DE MÓDULO DE ELASTICIDAD (E'm):**

Pila	Carga Máxima (kgf)	20% de Pmax.				50% de Pmax.			
		P _{20%} (kgf)	CA (mm)	P _{20%} (kgf)	CP (mm)	P _{50%} (kgf)	CA (mm)	P _{50%} (kgf)	CP (mm)
Pila reforzada #1	8764	1752.8	0.193	1752.8	-	4382.0	0.378	4382.0	-
Pila reforzada #2	9238	1847.6	0.216	1847.6	-	4619.0	0.422	4619.0	-
Pila reforzada #3	8630	1726.0	0.184	1726.0	-	4315.0	0.365	4315.0	-
Pila reforzada #4	8655	1731.0	0.206	1731.0	-	4327.5	0.379	4327.5	-
Pila reforzada #5	8058	1611.6	0.179	1611.6	-	4029.0	0.341	4029.0	-
Pila reforzada #6	8197	1639.4	0.154	1639.4	-	4098.5	0.316	4098.5	-

Pila	LVDT	Em (kgf/cm ²)	\overline{Em} (kgf/cm ²)	D.E (kgf/cm ²)	E'm (kgf/cm ²)
Pila reforzada #1	Anterior	7119.24	7202.92	242.75	6960.17
Pila reforzada #2	Anterior	6829.14			
Pila reforzada #3	Anterior	7057.83			
Pila reforzada #4	Anterior	7381.31			
Pila reforzada #5	Anterior	7364.63			
Pila reforzada #6	Anterior	7465.39			

F'm	12.60	kgf/cm ²
E'm	6960.17	kgf/cm ²

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- * Unidades de albanilería conectadas a través del mortero.

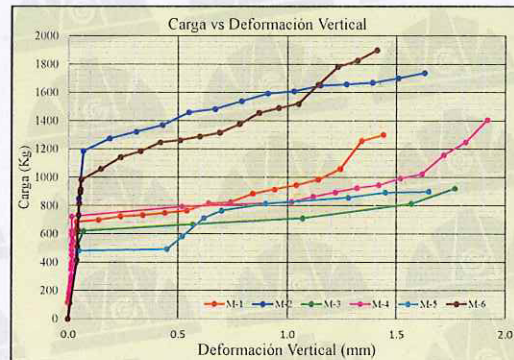
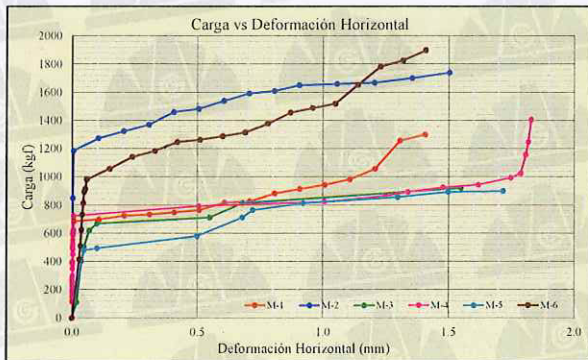
Elaborado por:  ENSAYO DE MATERIALES Roberto A. Toribio Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  GEOCONTROL PERU S.A.C. SERVICIOS CONTROL DE CALIDAD José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL + MÓDULO DE CORTE (Gm)	Código	FOR-LAB-ALB-005.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	05/12/2023 - 06/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.621 / ASTM E519 / NTP E.070			
REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO PROCEDENCIA MUESTRA MORTERO UBICACIÓN FECHA DE FABRICACIÓN FECHA DE ENSAYO	Datos de laboratorio : Flor Elena Cardova Carrion "Estudio técnico económica de bloques de suelo adictanados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022" PROYECTO DE INVESTIGACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS 6 MURETES DE ALBAÑILERIA (compuesta por 12 unidades enteras y 6 unidades medias de bloques de suelo patrón) (79.5 x 80.50 x 20 cm) : Proporción 1:1.5 de paja y tierra : Yungay - Ancash : 07.11.2023 - 08.11.2023 : 05.12.2023 - 06.12.2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES PATRÓN			

A) INFORMACIÓN DE MURETES:

Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Distancia entre LVDTs		Carga Máxima (kgf)
				Horizontal (mm)	Vertical (mm)	
MURETE #1 SIN REFUERZO	810	760	198	400	400	1301
MURETE #2 SIN REFUERZO	820	740	198	400	400	1791
MURETE #3 SIN REFUERZO	810	740	197	400	400	922
MURETE #4 SIN REFUERZO	800	770	197	400	400	1407
MURETE #5 SIN REFUERZO	810	770	198	400	400	900
MURETE #6 SIN REFUERZO	810	770	198	400	400	1898

B) CARGA - DEFORMACIÓN:



OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- * Unidades de albañilería conectadas a través del mortero.

Elaborado por:  Katherine A. Terribio Rodríguez TÉC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299744	Aprobado por:  José L. López García Técnico de laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL + MÓDULO DE CORTE (Gm)	Código	FOR-LAB-ALB-005.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	05/12/2023 - 06/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO			
REFERENCIA	Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	Flor Elena Cordova Carrion		
PROYECTO	"Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yaucaev, departamento de Ancash, 2022"		
PROCEDENCIA	PROYECTO DE INVESTIGACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS		
MUESTRA	6 MURETES DE ALBAÑILERIA (compuesta por 12 unidades enteras y 6 unidades medias de bloques de suelo patrón) (79.5 x 80.50 x 20 cm)		
MORTERO	Proporción 1:1.5 de paja y tierra		
UBICACIÓN	Yungay - Ancash		
FECHA DE FABRICACIÓN	07/11/2023 - 08/11/2023		
FECHA DE ENSAYO	05/12/2023 - 06/12/2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES PATRÓN			

C) **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN LOS MURETES (V'm):**

Murete	Carga Máxima (kgf)	Vm (kgf/cm ²)	\bar{V}_m (kgf/cm ²)	D.E (kgf/cm ²)	\bar{V}'_m (kgf/cm ²)
MURETE #1 SIN	1301	0.59	0.625	0.190	0.434
MURETE #2 SIN	1791	0.82			
MURETE #3 SIN	922	0.43			
MURETE #4 SIN	1407	0.64			
MURETE #5 SIN	900	0.41			
MURETE #6 SIN	1898	0.86			

D) **CÁLCULO DE MÓDULO DE CORTE (Gm):**

Murete	Carga Máxima (kgf)	20% de Pmax. Horizontal		20% de Pmax. Vertical		50% de Pmax. Horizontal		50% de Pmax. Vertical	
		P1 (kgf)	DH (mm)	P1 (kgf)	DV (mm)	P1 (kgf)	DH (mm)	P1 (kgf)	DV (mm)
MURETE #1 SIN	1301	260.2	0.0010	260.2	0.0100	650.5	0.0066	650.5	0.0339
MURETE #2 SIN	1791	358.2	0.0015	358.2	0.0320	895.5	0.0050	895.5	0.0620
MURETE #3 SIN	922	184.4	0.0280	184.4	0.0118	461.0	0.0300	461.0	0.0340
MURETE #4 SIN	1407	281.4	0.0019	281.4	0.0150	703.5	0.0260	703.5	0.0180
MURETE #5 SIN	900	180.0	0.0090	180.0	0.0100	450.0	0.0230	450.0	0.0170
MURETE #6 SIN	1898	379.6	0.0285	379.6	0.0350	949.0	0.0550	949.0	0.0400

Murete	LVDT	$\Delta\tau$ (kgf/cm ²)	ΔY	Gm (kg/cm ²)	\bar{G}_m (kg/cm ²)
MURETE #1 SIN	Vertical	0.178	0.00007	2407.61	2650.77
MURETE #2 SIN	Horizontal	0.246	0.00008	2937.36	
MURETE #3 SIN	Vertical	0.128	0.00006	2117.45	
MURETE #4 SIN	Horizontal	0.193	0.00007	2848.76	
MURETE #5 SIN	Vertical	0.122	0.00005	2324.86	
MURETE #6 SIN	Horizontal	0.257	0.00008	3268.58	

\bar{V}_m	0.43	kg/cm ²
\bar{G}_m	2650.77	kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- * Unidades de albañilería conectadas a través del mortero.

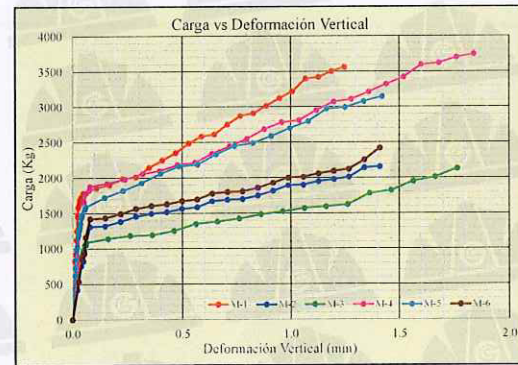
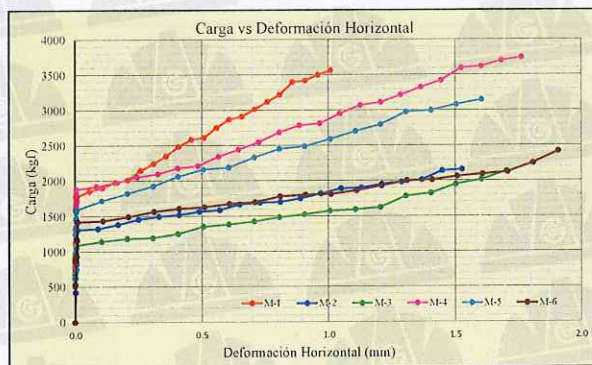
Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  Control de Calidad GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL + MÓDULO DE CORTE (Gm)	Código	FOR-LAB-ALB-005.01
		Revisión	2
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	05/12/2023 - 06/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.621 / ASTM E519 / NTP E.070			
REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO PROCEDENCIA MUESTRA MORTERO UBICACIÓN FECHA DE FABRICACIÓN FECHA DE ENSAYO	Datos de Laboratorio Flor Elena Cordova Carrion "Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022" PROYECTO DE INVESTIGACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS 6 MURETES DE ALBANILERIA (compuesta por 12 unidades enteras y 6 unidades medias de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcida y doble refuerzo horizontal en cada junta) (79.5 x 80.50 x 20 cm) Proporción 1:1.5 de paja y tierra Yungay - Ancash 07/11/2023 - 08/11/2023 05/12/2023 - 06/12/2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES ADICIONADOS CON FIBRA DE AGAVE			

A) INFORMACIÓN DE MURETES:

Murete	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Distancia entre LVDTs		Carga Máxima (kgf)
				Horizontal (mm)	Vertical (mm)	
MURETE #1 CON	805	738	200	400	400	3564
MURETE #2 CON	805	750	200	400	400	2160
MURETE #3 CON	808	745	200	400	400	2133
MURETE #4 CON	810	740	200	400	400	3747
MURETE #5 CON	805	743	200	400	400	3149
MURETE #6 CON	800	743	200	400	400	2421

B) CARGA - DEFORMACIÓN:



OBSERVACIONES:

- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- * Unidades de albanilería conectadas a través del mortero.

Elaborado por:  Edwin R. Toribio Rodríguez T.E.C. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP N° 299741	Aprobado por:  José L. López García TÉCNICO DE LABORATORIO
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

RUC 20609900327

Cel: 963 583 788 - 933 910 417

SEDE CENTRAL: Calle 21, Los Rosales de Pro
Mz B, Lt 57, Los Olivos

SUCURSAL: Los Tulipanes Mz C2, Lt. 1

Urb. San Antonio de Carabayllo

www.geocontrolperu.com.pe

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL + MÓDULO DE CORTE (Gm)	Código	FOR-LAB-ALB-005.01
		Revisión	3
		Aprobado	CC-GCP
		Fecha	05/12/2023 - 06/12/2023
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO NTP 399.621 / ASTM E519 / NTP E.070			
REFERENCIA SOLICITANTE	Datos de laboratorio		
PROYECTO	Flor Elena Cardova Carrion		
PROCEDENCIA	"Estudio técnico económico de bloques de suelo adicionados con fibra de agave en la provincia de Yungay, departamento de Ancash, 2022"		
MUESTRA	PROYECTO DE INVESTIGACION PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL - UCSS		
MORTERO	6 MURETES DE ALBAÑILERIA (compuesta por 12 unidades enteras y 6 unidades medias de bloques de suelo adicionados con fibra de agave torcida y doble refuerzo horizontal en cada junta) (79.5 x 80.50 x 20 cm)		
UBICACIÓN	- Proporción 1:1.5 de paja y tierra		
FECHA DE FABRICACIÓN	Yungay - Ancash		
FECHA DE ENSAYO	07/11/2023 - 08/11/2023		
ENSAYO DE COMPRESIÓN DIAGONAL EN MURETES ADICIONADOS CON FIBRA DE AGAVE			

C) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIAGONAL EN LOS MURETES ($V'm$):

Murete	Carga Máxima (kgf)	V_m (kgf/cm ²)	\bar{V}_m (kgf/cm ²)	D.E (kgf/cm ²)	\bar{V}'_m (kgf/cm ²)
MURETE #1 CON REFUERZO	3564	1.63	1.31	0.33	0.98
MURETE #2 CON REFUERZO	2160	0.98			
MURETE #3 CON REFUERZO	2133	0.97			
MURETE #4 CON REFUERZO	3747	1.71			
MURETE #5 CON REFUERZO	3149	1.44			
MURETE #6 CON REFUERZO	2421	1.11			

D) CÁLCULO DE MÓDULO DE CORTE (Gm):

Murete	Carga Máxima (kgf)	20% de Pmax. Horizontal		20% de Pmax. Vertical		50% de Pmax. Horizontal		50% de Pmax. Vertical	
		P1 (kgf)	DH (mm)	P1 (kgf)	DV (mm)	P1 (kgf)	DH (mm)	P1 (kgf)	DV (mm)
MURETE #1 CON REFUERZO	3564	712.8	0.0010	712.8	0.0100	1782.0	0.0080	1782.0	0.0500
MURETE #2 CON REFUERZO	2160	432.0	0.0040	432.0	0.0260	1080.0	0.0075	1080.0	0.0610
MURETE #3 CON REFUERZO	2133	426.6	0.0011	426.6	0.0160	1066.5	0.0053	1066.5	0.0590
MURETE #4 CON REFUERZO	3747	749.4	0.0025	749.4	0.0210	1873.5	0.0040	1873.5	0.0650
MURETE #5 CON REFUERZO	3149	629.8	0.0040	629.8	0.0122	1574.5	0.0060	1574.5	0.0600
MURETE #6 CON REFUERZO	2421	484.2	0.0017	484.2	0.0250	1210.5	0.0089	1210.5	0.0710

Murete	LVDT	Δr (kgf/cm ²)	ΔY	Gm (kg/cm ²)	\bar{G}_m (kg/cm ²)
MURETE #1 CON REFUERZO	Vertical Horizontal	0.490	0.00012	4170.04	3362.92
MURETE #2 CON REFUERZO	Vertical Horizontal	0.295	0.00010	3061.46	
MURETE #3 CON REFUERZO	Vertical Horizontal	0.291	0.00012	2469.13	
MURETE #4 CON REFUERZO	Vertical Horizontal	0.513	0.00011	4508.24	
MURETE #5 CON REFUERZO	Vertical Horizontal	0.432	0.00012	3466.08	
MURETE #6 CON REFUERZO	Vertical Horizontal	0.333	0.00013	2502.55	

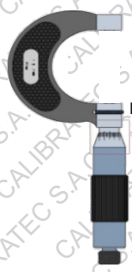
\bar{V}_m	0.98	kg/cm ²
\bar{G}_m	3362.92	kg/cm ²

OBSERVACIONES:

- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS SAC.
- Unidades de albañilería conectadas a través del mortero.

Elaborado por:  Katherine R. Toribio Rodriguez TEC. DE LABORATORIO	Revisado por:  Gilder García Guzmán INGENIERO CIVIL CIP. N° 290741	Aprobado por:  José L. López García Técnico de Laboratorio
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad GEOCONTROL PERU

**CERTIFICADO DE CALIBRACION DE LA “MAQUINA DE ENSAYO UNIAxIAL
(PRENSA DE MUROS)”**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0126-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 4

- | | | | |
|--------------------------|--|------------|-----------|
| 1. Expediente | 0530 | | |
| 2. Solicitante | GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C. | | |
| 3. Dirección | CAL 21 MZA. B LOTE. 57 OTR. LOS ROSALES DE PRO (ESPALDA DE LA UNIVERSIDAD UTP PANAM.NORT) LIMA -LIMA -LIMA | | |
| 4. Instrumento calibrado | MÁQUINA DE ENSAYO UNIAIXIAL (PRENSA DE MUROS) | | |
| Marca | No indica | | |
| Modelo | No indica | | |
| N° de serie | No indica | | |
| Identificación | ALB-MUR-JJB-1000 | | |
| Procedencia | No indica | | |
| Intervalo de indicación | 0 kgf a 20000 kgf | | |
| Resolución | 1 kgf | | |
| Clase de exactitud | No indica | | |
| Modo de fuerza | Compresión | | |
| Indicador Digital | | | |
| Marca | WEIGHING | Serie | No indica |
| Modelo | 315-X8 | Resolución | 1 kgf |
| Transductor de Presión | | | |
| Marca | ZEMIC | Serie | 4025 |
| Modelo | YB15 | | |
| 5. Fecha de calibración | 2023-11-06 | | |

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.

CALIBRATEC 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

2023-11-09

Jefe de Laboratorio





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0126-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 4

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 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

Laboratorio de GEOCONTROL PERU Y SERVICIOS S.A.C. ubicado en Los Rosales de Pro Cal. 21 Mza. B Lote 57

8. Condiciones de calibración

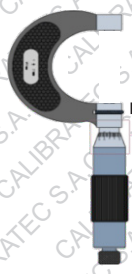
	Inicial	Final
Temperatura	23,0 °C	23,1 °C
Humedad relativa	57 %	58 %

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PUCP	Celda de carga de 150 t con una incertidumbre de 271 kg	INF-LE N° 093-23 B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- El instrumento a calibrar no indica la clase, sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase 2 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0126-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 4

11. Resultados de medición

Indicación de la máquina de ensayo		Indicación del transductor de fuerza patrón					Promedio	Error de medición
		1ra Serie	2da Serie	3ra Serie		4ta Serie Accesorios		
		Ascenso kgf	Ascenso kgf	Ascenso kgf	Descenso kgf	Ascenso kgf		
%	kgf					kgf	kgf	
10	2000,00	1975,01	1983,99	1979,00	--	1979,33	20,67	
20	4000,00	3981,37	3980,38	3984,37	--	3982,04	17,96	
30	6000,00	5994,90	5999,89	5994,90	--	5996,56	3,44	
40	8000,00	7990,64	7995,63	8000,62	--	7995,63	4,37	
50	10000,00	9996,53	10011,50	10026,47	--	10011,50	-11,50	
60	12000,00	12022,57	12028,56	12032,55	--	12027,89	-27,89	
70	14000,00	13998,87	14006,86	14018,83	--	14008,19	-8,19	
80	16000,00	15985,33	15991,32	16005,29	--	15993,98	6,02	
90	18000,00	18001,91	18007,90	18011,89	--	18007,23	-7,23	
100	20000,00	19948,78	19958,76	19963,75	--	19957,10	42,90	

Indicación de la máquina de ensayo		Errores relativos de medición					Incertidumbre de medición relativa
		Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Error con accesorios	
		q %	b %	v %	a %	%	
%	kgf					%	
10	2000	1,04	0,46	--	0,05	--	4,52
20	4000	0,45	0,10	--	0,03	--	2,27
30	6000	0,06	0,08	--	0,02	--	1,53
40	8000	0,05	0,12	--	0,01	--	1,17
50	10000	-0,11	0,30	--	0,01	--	0,96
60	12000	-0,23	0,08	--	0,01	--	0,81
70	14000	-0,06	0,14	--	0,01	--	0,71
80	16000	0,04	0,12	--	0,01	--	0,64
90	18000	-0,04	0,06	--	0,01	--	0,58
100	20000	0,21	0,08	--	0,01	--	0,53

Clase de la escala de la máquina de ensayo	Valor máximo permitido (ISO 7500 - 1)				
	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución relativa	Cero f0
	q %	b %	v %	a %	%
0,5	± 0,50	0,5	± 0,75	± 0,25	± 0,05
1	± 1,00	1,0	± 1,50	± 0,50	± 0,10
2	± 2,00	2,0	± 3,00	± 1,00	± 0,20
3	± 3,00	3,0	± 4,50	± 1,50	± 0,30

MAXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f ₀)	0,00 %
--	--------



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CA-F-0126-2023

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 4 de 4

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza 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.

FIN DEL DOCUMENTO