

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL
CUSCO**

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY
(FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE
TRADICIONAL, CUSCO – 2018”**

Tesis para optar el Título de **INGENIERO CIVIL**.

PRESENTADO POR LOS BACHILLERES:

FRANKLIN FLOREZ LEON
YESICA LIMPE ZEVALLOS

COMISIÓN DICTAMINADORA:

ING. JULIO GAVINO ROJAS BRAVO
M. SC. ING. CARLOS FERNANDEZ BACA VIDAL
ING. JOSE FELIPE AZPILCUETA CARBONELL

ASESOR:

MGT. ING. IGNACIO FRUCTUOSO SOLIS QUISPE

CUSCO – PERÚ
2019



RESUMEN

En la actualidad se ha ido desvaneciendo el uso del adobe debido a la implantación de nuevas tecnologías en materiales de construcción, tal es el caso del concreto, que ha ido desplazando al adobe con el transcurrir de los años, debido a que este se considera un material que satisface las expectativas que cumplen con las solicitudes en cuanto a seguridad; sin embargo por el costo que relativamente es alto, no todas las personas tienen acceso a este material, además que hoy en día se trata de revalorizar el patrimonio cultural e histórico hecho de adobe, algunos de estas edificaciones históricas se encuentran de pie; pero necesitan de un mantenimiento permanente y en algunos casos una reconstrucción empleando los materiales originales. Por lo que se ha dado cabida a la presente investigación, tratando de mejorar la calidad de la mampostería de adobe tradicional en cuanto a sus propiedades mecánicas como son la resistencia a compresión axial y la resistencia a compresión diagonal con la adición de fibras naturales como la fibra de maguey que se utilizó en la presente investigación.

El método de investigación se llevó a cabo estudiando primero las características del suelo seleccionado con pruebas de campo, al conocer estas se procede a realizar diferentes ensayos programados en la presente para conocer el comportamiento físico - mecánico de las muestras de unidades, pilas y muretes de adobe. Dichas muestras fueron elaboradas con 0.05%, 0.15% y 0.20% de fibra de maguey, manteniendo constante la masa de suelo con 20% de agua y 0.20% de paja; además se elaboró muestras con 0.20% y 0.35% de paja, los porcentajes están dados por la relación del peso seco de las fibras y el peso seco del suelo. Las muestras se tipificaron en 5 grupos y se elaboraron 3 especímenes para cada uno, por lo que se fabricaron 15 especímenes por cada ensayo programado.

Se concluye que la fibra de maguey incrementa en general la resistencia de la mampostería de adobe tradicional. En relación a la resistencia a compresión axial en pilas, se obtuvo el valor máximo de 9.07 Kg/cm². Para el caso de la resistencia a compresión diagonal de muretes el valor máximo obtenido es de 0.55 Kg/cm². Estos valores máximos corresponden a muestras con 0.20% en peso de paja + 0.20% en peso de fibra de maguey.



ABSTRACT

Nowadays it's been vanished the use of the adobe (mud brick) due to the implantation of new technologies of construction materials, such as the concrete, the one has been displacing the adobe with the years along, owing to that concrete is considered a material that satisfies expectations regarding safety regulations; however because of the relatively high cost, not all people has access to it, besides that today itself is trying to revalue the cultural and historical patrimony made of adobe, some of these historical constructions are still stand but they need permanent maintenance and in some cases a total reconstruction using original materials; that's the reason why we developed this investigation, trying to improve the traditional adobe's masonry quality in terms of its mechanic properties as the resistance to axial compression and the resistance to diagonal compression with the addition of natural fibers such as agave ones which were used on this investigation.

The investigation method took place first studying the selected soil's characteristics with field tests, when you know them you proceed to make different programmed essays on it in order to know the mechanical – physical behavior of the sample of unities, piles and adobe lows. These samples were made with 0.05%, 0.15% and 0.20% of agave's fiber, keeping constant the soil's mass with 20% of water and 0.20% of pampa grass, besides we make samples with 0.20% and 0.35% of pampa grass, the percentages are given by the relation between the fiber's dry weight and the soil's dry weight. The samples were typified in 5 groups and we elaborated 3 specimens for each one, so they were manufactured 15 specimens for each programmed essay.

It is concluded that the agave's fiber increases in general the resistance of the traditional adobe's masonry. In relation of the resistance to the axial compression in piles, it got a maximum value of 9.07 kg/cm². On the case of the resistance to lows' diagonal compression the maximum value obtained is 0.55 kg/cm². These maximum values correspond to samples with 0.20% on pampa grass' weight + 0.20% on agave's fiber weight.



DEDICATORIA

Para mi madre Leonor Martina, quien por su amor incondicional y devoción me permite lograr mis metas gracias a su gran esfuerzo y sacrificio a lo largo de mi vida.

A mis hermanos, con quienes comparto muchas experiencias cada día. Especialmente a Gloria y Esperanza quienes me dieron la oportunidad de poder continuar con mi carrera profesional y por sus grandes consejos.

A mi amigo y enamorado Edson Vrahat, quien por su apoyo y comprensión en momentos difíciles me da ánimos para seguir avanzando.

A mis amigos, docentes de la Facultad de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas, consejos y por permitirme compartir muchas experiencias a lo largo de mi vida universitaria.

Yésica, Limpe Zevallos

A dios por guiar mis pasos con amor, fortaleza y fe.

De manera muy especial a mi madre Ignacia por su amor y cariño, por el esfuerzo diario y apoyo incondicional que hizo posible que culminara con éxito una etapa más de mi vida.

A mi hermano Jhon Delvis con mucho respeto y cariño por estar en cada momento de vida brindándome su apoyo.

A mis familiares por el apoyo, por los consejos que me guiaron por el camino correcto.

A mis amigos, quienes siempre han estado en los momentos difíciles.

Franklin, Flórez León



AGRADECIMIENTOS

Para llevar a cabo este trabajo, existen personas que aportaron en el desarrollo de la presente con acciones que influyeron directa o indirectamente, al igual en el camino de nuestra formación universitaria se pudo contar con el apoyo de ellas para poder llegar a este punto clave de nuestras vidas profesionales.

Es por eso que agradecemos profundamente al nuestro asesor de tesis al ingeniero Ignacio Solís, quien por su labor como docente nos brindó un invaluable apoyo, su tiempo y consejos.

Agradecer a los ingenieros Julio Rojas, Carlos Fernández y Felipe Azpilcueta, por su paciencia, disposición de tiempo y todas las recomendaciones dadas durante este proceso de investigación.

A nuestros docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por sus enseñanzas y experiencias.

Agradecer a nuestros amigos, quienes en momentos oportunos nos apoyaron en cada etapa de este trabajo.

A nuestra querida Escuela Profesional de Ingeniería Civil y a nuestra querida casa de estudios la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por permitirnos recorrer esta carrera profesional.

Yésica y Franklin



ÍNDICE

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	2
1.2.1 Problema general	2
1.2.2 Problemas específicos	2
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3.1 Conveniencia	2
1.3.2 Relevancia Social	2
1.3.3 Implicancias Prácticas	3
1.3.4 Valor Teórico.....	3
1.4 DELIMITACIÓN, LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1 Delimitación	3
1.4.2 Limitaciones	4
1.4.3 Viabilidad	4
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5.1 Objetivo General	5
1.5.2 Objetivo Específico	5
CAPITULO II: ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.1.1 Antecedentes nacionales.....	6
2.1.2 Antecedentes internacionales	8
2.2 MARCO TEORICO	9
2.2.1 Adobe tradicional	9
2.2.1.1 Características del adobe tradicional	9
2.2.1.2 Fabricación del adobe tradicional.....	9
2.2.1.3 Ventajas del uso del adobe tradicional	13
2.2.1.4 Desventajas del uso del adobe tradicional.....	13
2.2.2 Maguey (furcraea andina).....	13
2.2.2.1 Historia del maguey.....	13
2.2.2.2 Producción de maguey en el Perú.....	14
2.2.2.3 Características químicas de la fibra de maguey.....	14
2.2.2.4 Características mecánicas de la fibra de maguey	14



2.2.3	Propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe	15
2.2.3.1	Variación dimensional.....	15
2.2.3.2	Absorción	15
2.2.3.3	Resistencia a compresión	16
2.2.3.4	Resistencia a la tracción por flexión.....	16
2.2.4	Propiedades mecánicas del mortero de barro	16
2.2.4.1	Resistencia del mortero a compresión	16
2.2.4.2	Adherencia del mortero	16
2.2.5	Propiedades mecánicas de la mampostería de adobe	17
2.2.5.1	Resistencia de la mampostería de adobe a compresión axial	17
2.2.5.2	Resistencia de la mampostería de adobe a compresión diagonal	17
2.2.6	Comportamiento estructural de la mampostería de adobe.....	17
CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES		18
3.1	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	18
3.1.1	Hipótesis General	18
3.1.2	Hipótesis Específicos.....	18
3.2	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....	18
3.2.1	Variables independientes.....	18
3.2.2	Variables dependientes	18
3.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	19
CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.....		20
4.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
4.2	TIPO DE INVESTIGACIÓN	20
4.3	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	20
4.3.1	Descripción y cuantificación de muestra.....	22
4.3.2	Ensayos preliminares para selección de suelo apto para elaboración de adobes	23
4.3.2.1	Prueba de color	23
4.3.2.2	Prueba dental	23
4.3.2.3	Prueba olfativa.....	24
4.3.2.4	Prueba de brillo.....	25
4.3.2.5	Prueba de enrollado	25
4.3.2.6	Prueba de resistencia seca.....	26
4.3.2.7	Prueba de la botella	27
4.3.3	Extracción de la muestra	28
4.3.3.1	Suelo.....	28



4.3.3.2	Fibra de maguey	28
4.3.4	Caracterización de los materiales para la elaboración de adobes.	30
4.3.4.1	Suelo.	30
4.3.5	Preparación de especímenes	38
4.3.5.1	Unidades de adobe.....	38
4.3.5.2	Testigos cilíndricos de mortero de barro	44
4.3.5.3	Pilas de mampostería de adobe.....	48
4.3.5.4	Muretes de mampostería de adobe	49
4.3.6	Programa de ensayos experimentales	50
4.3.6.1	Ensayos para determinar las propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe	50
4.3.6.2	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas del mortero de barro.....	60
4.3.6.3	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe.....	66
CAPITULO V: SISTEMATIZACION DE DATOS Y OBTENCION DE RESULTADOS		77
5.1	UNIDAD DE ADOBE	77
5.1.1	Variación dimensional.....	77
5.1.2	Absorción	81
5.1.3	Resistencia a compresión	82
5.1.3.1	Resistencia a tracción	85
5.2	MORTERO DE BARRO	88
5.2.1	Resistencia del mortero a la compresión	88
5.2.2	Esfuerzo de adherencia del mortero	91
5.3	MAMPOSTERIA DE ADOBE.....	94
5.3.1	Resistencia de la mampostería de adobe a compresión.....	94
5.3.1.1	Resistencia a compresión axial en pilas	94
5.3.1.2	Módulo de elasticidad.....	96
5.3.1.3	Forma de falla en pilas	102
5.3.2	Resistencia de la mampostería de adobe a tracción indirecta.....	105
5.3.2.1	Resistencia a compresión diagonal en muretes	105
5.3.2.2	Módulo de corte.....	108
5.3.2.3	Forma de falla en muretes	118
CAPITULO VI: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS		121
6.1	ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ADOBE	121
6.1.1	Análisis comparativo de la resistencia a compresión	121
6.1.2	Análisis comparativo de la resistencia a tracción.....	122
6.2	ANALISIS DE RESULTADOS DEL MORTERO DE BARRO	124



6.2.1	Análisis comparativo de la resistencia del mortero a compresión.....	124
6.2.2	Análisis comparativo del esfuerzo de adherencia del mortero	125
6.3	ANALISIS DE RESULTADOS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE	127
6.3.1	Análisis comparativo de la resistencia a compresión axial en pilas	127
6.3.2	Análisis comparativo del módulo de elasticidad en pilas	128
6.3.3	Análisis comparativo de la resistencia a compresión diagonal en muretes	130
6.3.4	Análisis comparativo del módulo de corte en muretes	131
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		133
7.1	CONCLUSIONES.....	133
7.2	RECOMENDACIONES	137
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS.....		138
ANEXOS		141
PANEL FOTOGRAFICO		161



INDICE DE TABLAS

Tabla 01. Componentes químicos de la fibra de maguey.	14
Tabla 02. Características mecánicas de la fibra de maguey.	15
Tabla 03. Esfuerzos mínimos de rotura de ensayos de resistencia mecánica.	17
Tabla 04. Operacionalización de variables	19
Tabla 05. Interpretación del Coeficiente de Variación.	20
Tabla 06. Descripción y cuantificación de los especímenes por cada tipo de muestra.	22
Tabla 07. Porcentajes de componentes del suelo obtenidos con la prueba de la botella.	27
Tabla 08. Datos y resultados del desarrollo del ensayo de peso específico.	33
Tabla 09. Análisis granulométrico del suelo seleccionado.	34
Tabla 10. Resumen de los valores de los límites de plasticidad del suelo seleccionado.	37
Tabla 11. Correlación de sistemas de clasificación AASHTO Y ASTM	38
Tabla 12. Cantidades en peso para dosificación de componentes de las muestras.	41
Tabla 13. Muestras de adobe por tipo para ensayo de variación dimensional.	50
Tabla 14. Muestras de adobe por tipo para ensayo de absorción.	52
Tabla 15. Muestras de adobe por tipo para ensayo de resistencia a compresión simple.	54
Tabla 16. Muestras de adobe por tipo para ensayo de resistencia a tracción indirecta.	57
Tabla 17. Muestras de adobe por tipo para ensayo de compresión de testigos de mortero de barro.	60
Tabla 18. Muestras de adobe por tipo para ensayo de resistencia a la prueba de adherencia de mortero... ..	63
Tabla 19. Muestras de pilas por tipo para ensayo de compresión axial.	67
Tabla 20. Muestras de muretes por tipo para ensayo de compresión diagonal.	71
Tabla 21. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 1.	77
Tabla 22. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 1.	77
Tabla 23. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 2.	78
Tabla 24. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 2.	78
Tabla 25. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 3.	78
Tabla 26. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 3.	79
Tabla 27. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 4.	79
Tabla 28. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 4.	79
Tabla 29. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 5.	80
Tabla 30. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 5.	80
Tabla 31. Variación dimensional y volumétrica promedio por tipo de muestra.	80
Tabla 32. Ensayo de absorción del adobe.	81
Tabla 33. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 1.	82



Tabla 34. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 2.....	82
Tabla 35. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 3.....	83
Tabla 36. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 4.....	83
Tabla 37. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 5.....	84
Tabla 38. Resistencia a compresión simple promedio de unidades de adobe por tipo.	84
Tabla 39. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 1.	85
Tabla 40. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 2.	85
Tabla 41. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 3.	86
Tabla 42. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 4.	86
Tabla 43. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 5.	87
Tabla 44. Resistencia a tracción por flexión promedio de unidades de adobe por tipo.	87
Tabla 45. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 1.	88
Tabla 46. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 2.	88
Tabla 47. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 3.	89
Tabla 48. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 4.	89
Tabla 49. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 5.	90
Tabla 50. Resistencia a la compresión promedio de testigos de mortero de barro por tipo.....	90
Tabla 51. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 1.....	91
Tabla 52. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 2.....	91
Tabla 53. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 3.....	92
Tabla 54. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 4.....	92
Tabla 55. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 5.....	93
Tabla 56. Resistencia promedio de prueba de adherencia por tipo.....	93
Tabla 57. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 1.	94
Tabla 58 Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 2.	94
Tabla 59. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 3.	95
Tabla 60. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 4.	95
Tabla 61. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 5.	96
Tabla 62. Resistencia a compresión axial promedio de pilas de adobe por tipo.....	96
Tabla 63. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 1	97
Tabla 64. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 1.....	97
Tabla 65. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 2.....	98
Tabla 66. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 2.....	98
Tabla 67. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 3.....	99



Tabla 68. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 3.....	99
Tabla 69. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 4.....	100
Tabla 70. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 4.....	100
Tabla 71. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 5.....	101
Tabla 72. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 5.....	101
Tabla 73. Módulo de elasticidad promedio de pilas de adobe por tipo.....	102
Tabla 74. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 1.....	105
Tabla 75. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 2.....	106
Tabla 76. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 3.....	106
Tabla 77. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 4.....	107
Tabla 78. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 5.....	107
Tabla 79. Esfuerzo cortante promedio en muretes de adobe por tipo.....	108
Tabla 80. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 1.....	109
Tabla 81. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 1.....	109
Tabla 82. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 2.....	111
Tabla 83. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 2.....	111
Tabla 84. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 3.....	113
Tabla 85. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 3.....	113
Tabla 86. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 4.....	115
Tabla 87. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 4.....	115
Tabla 88. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 5.....	117
Tabla 89. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 5.....	117
Tabla 90. Módulo de corte promedio de muretes de adobe por tipo.....	117



ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Ubicación del lugar de estudio de la investigación	4
Figura 2. Preparación y mezclado del barro.....	11
Figura 3. Dimensiones más usadas para la elaboración de unidades de adobe.....	11
Figura 4. Secado del adobe.	12
Figura 5. Prueba de color del suelo seleccionado en campo.	23
Figura 6. Prueba dental del suelo seleccionado.	24
Figura 7. Prueba de olor del suelo seleccionado.	24
Figura 8. Corte con cuchillo de bolitas de barro para prueba de brillo.	25
Figura 9. Elaboración de cintas de barro para prueba de enrollado.	26
Figura 10. Prueba de resistencia seca, después de 48 horas de secado.	26
Figura 11. Prueba de la botella con la muestra de suelo a usar.	27
Figura 12. Extracción del suelo seleccionado para la elaboración de adobes.	28
Figura 13. Proceso de extracción para la obtención de la fibra de maguey.	29
Figura 14. Prueba de contenido de humedad del suelo seleccionado.	30
Figura 15. Contenido de humedad natural de las muestras y el promedio de estas.	31
Figura 16. Ensayo de peso específico relativo de los suelos.....	32
Figura 17. Procedimiento de ensayo de análisis granulométrico de los suelos.....	33
Figura 18. Distribución granulométrica de la muestra de suelo.....	35
Figura 19. Procedimiento de ensayo para límites de plasticidad del suelo.	36
Figura 20. Gráfica para encontrar limite líquido del suelo.	37
Figura 21. Contenido de humedad del suelo en su límite plástico.	37
Figura 22. Adobera fabricada con las dimensiones elegidas para la unidad de adobe.....	39
Figura 23. Recorte de fibras a utilizar en la elaboración de adobes.....	40
Figura 24. Proceso de preparación del barro para elaboración de adobes.	42
Figura 25. Proceso de elaboración de adobes.	43
Figura 26. Secado del adobe sobre tendales de madera.	44
Figura 27. Protección de los adobes contra el secado brusco para evitar fisuramiento.	44
Figura 28. Preparación de mortero de barro para unidades de adobe.	45
Figura 29. Elaboración y secado de testigos cilíndricos de mortero de barro.	46
Figura 30. Disposición de probetas de tres piezas según Norma Mexicana NMX-C-082C1974.	47
Figura 31. Preparación de probetas de tres piezas para prueba de adherencia.....	47
Figura 32. Preparación de pilas de adobe y colocación de capping.	48
Figura 33. Preparación de muretes para cada tipo de muestra y colocación de capping.	49



Figura 34. Instrumentación de unidades de adobe para prueba de compresión simple.	55
Figura 35. Instrumentación de unidades de adobe para prueba de tracción indirecta.....	58
Figura 36. Instrumentación en ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro.....	61
Figura 37. Instrumentación de probetas de tres piezas de adobe para prueba de adherencia.	64
Figura 38. Instrumentación de pilas de adobe para ensayo de compresión axial.....	67
Figura 39. Instrumentación en ensayo de compresión diagonal de muretes de adobe.....	72
Figura 40. Especímenes de adobe después de la inmersión en agua de ensayo de absorción.	81
Figura 41. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 1.....	97
Figura 42. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 2.....	98
Figura 43. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 3.....	99
Figura 44. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 4.....	100
Figura 45. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 5.....	101
Figura 46. Tipo de falla en pila TIPO 1 muestra (M-03).	103
Figura 47. Tipo de falla en pila TIPO 2 muestra (M-02).	103
Figura 48. Tipo de falla en pila TIPO 3 muestra (M-01).	104
Figura 49. Tipo de falla en pila TIPO 4 muestra (M-03).	104
Figura 50. Tipo de falla en pila TIPO 5 muestra (M-02).	105
Figura 51. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 1.	108
Figura 52. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 1.....	109
Figura 53. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 2.	110
Figura 54. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 2.....	111
Figura 55. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 3	112
Figura 56. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 3.....	112
Figura 57. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 4.	114
Figura 58. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 4.....	114
Figura 59. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 5.	116
Figura 60. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 5.....	116
Figura 61. Falla por adherencia de muretes Tipo 1, muestras (M-01, M-02).	118
Figura 62. Falla por adherencia de muretes Tipo 2, muestras (M-01, M-02).	119
Figura 63. Falla por adherencia de muretes Tipo 3, muestras (M-01, M-02).	119
Figura 64. Falla por adherencia de muretes Tipo 4, M-01 y M-02 respectivamente.	120
Figura 65. Falla semi - diagonal de muretes Tipo 5, muestras (M-01, M-02).	120
Figura 66. Resistencia a compresión simple promedio de unidades de adobe por tipo.	121
Figura 67. Resistencia a compresión de unidades de adobe.	121



Figura 68. Resistencia a tracción promedio de unidades de adobe por tipo.	122
Figura 69. Resistencia a tracción de unidades de adobe.	123
Figura 70. Resistencia a compresión promedio de testigos de mortero de barro por tipo.	124
Figura 71. Resistencia a compresión de testigos de mortero de barro.	124
Figura 72. Esfuerzo promedio de prueba de adherencia en unidades de tres piezas por tipo.	125
Figura 73. Esfuerzo de prueba de adherencia en unidades de tres piezas.	126
Figura 74. Resistencia a compresión axial promedio de pilas de adobe por tipo.	127
Figura 75. Resistencia a compresión axial de pilas de adobe.	127
Figura 76. Módulo de elasticidad promedio de pilas de adobe por tipo.	128
Figura 77. Módulo de elasticidad de pilas de adobe.	129
Figura 78. Resistencia a compresión diagonal promedio de muretes de adobe por tipo.	130
Figura 79. Resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe.	130
Figura 80. Módulo de corte promedio de muretes de adobe por tipo.	131
Figura 81. Módulo de corte de muretes de adobe.	132



CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El adobe es un material que se ha usado desde hace mucho tiempo en diferentes lugares en donde el contexto fue adecuado, como la presencia de materia prima que para este caso sería la tierra. Aun hoy es ampliamente usada en muchas partes del mundo y en nuestro país generalmente en zonas rurales. “Sin embargo en los últimos años el adobe ha sufrido un injusto descredito ante la llegada de los materiales de construcción industrial, pasando a considerarse como arcaico” (Griborio, 2017). “Debido a la intervención de agentes externos como la lluvia, viento y sismos, además de la naturaleza propia de los suelos con los que se elaboran” (Benites, 2017). Muchos estudios demostraron la baja resistencia de la mampostería de adobe frente a cargas de compresión axial y cargas de compresión diagonal.

“Afortunadamente en la actualidad vuelve a renacer un interés en esta técnica constructiva a raíz de sus magníficas propiedades para conseguir edificaciones medioambientalmente más responsables” (Vázquez, 2016). Lo ventajoso de la construcción en adobe es la disposición de la materia prima en el lugar de construcción de vivienda u otro proyecto de uso, no requiere procedimientos constructivos complejos, por lo tanto, no requiere de mano de obra calificada, esto hace que sea de bajo costo, además de poseer buenas propiedades térmicas y acústicas. Es por eso que muchas personas optan por esta opción para la construcción de su vivienda.

Por lo que en la presente investigación se propone una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional con la adición de la fibra de maguey. Debido a su origen natural, es utilizada para la elaboración de costales, mantas, redes de pesca, sogas, etc. a través de la técnica del hilado; ya que una tira de estas fibras tiene una resistencia considerable en comparación de otras. “La fibra es tan resistente que se utiliza para amarrar los armazones de una estructura de madera” (García, 2012). A ello hay que añadir que los residuos producidos por este material no son contaminantes ya que por medio de un proceso natural de degradación se van reincorporando al suelo sin ninguna agresión para éste.



1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.2.1 Problema general

Objetivo general:

¿En qué medida influye la adición de fibra de maguey en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional en Cusco?

1.2.2 Problemas específicos

Objetivo específico 1:

¿En qué medida influye la adición de fibra de maguey en la resistencia a compresión axial de pilas de adobe?

Objetivo específico 2:

¿En qué medida influye la adición de fibra de maguey en la resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe?

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Conveniencia

Fue conveniente realizar esta investigación para proporcionar la información sobre la influencia de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional, ya que no existe estudios sobre la aplicación de esta en el adobe.

1.3.2 Relevancia Social

Esta investigación tiene la finalidad de reestablecer la identidad cultural y medioambiental en nuestra sociedad mediante la conservación del patrimonio cultural e histórico hecho de adobe, además fomentar la idea de que los materiales ecológicos y naturales como son la tierra y el maguey pueden mejorar la calidad de las construcciones. Esto debido a que en la actualidad la sociedad solo busca construir edificaciones de concreto por razones de seguridad estructural; sin embargo, el uso de este material causa un impacto negativo en el medio ambiente, además de ser costoso. Cabe resaltar que una vivienda bien construida de adobe puede ser sismorresistente, lo señala el Reglamento Nacional de Edificaciones.



1.3.3 Implicancias Prácticas

Con esta investigación se dispuso a resolver el problema de la mampostería de adobe tradicional que tienen propiedades mecánicas no tan favorables. La aplicación del procedimiento se puede dar generalmente en lugares, donde la fabricación de los adobes con fibra de maguey sea accesible.

1.3.4 Valor Teórico

Con esta investigación se presenta nuevos conocimientos sobre el comportamiento mecánico de la mampostería de adobe con fibra de maguey y la diferencia que hay con la mampostería de adobe tradicional.

1.4 DELIMITACIÓN, LIMITACIONES Y VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Delimitación

- La presente investigación se lleva a cabo en el año 2018.
- La presente investigación se realiza en la región del Cusco, específicamente en el laboratorio de mecánica de suelos de la Escuela profesional de Ingeniería Civil de la UNSAAC.
- El suelo extraído proviene del lugar del estudio de la investigación, con los ensayos realizados según la clasificación SUCS el suelo es de tipo Arena Arcillosa, de color claro brillante, con un $LL = 40\%$, $LP = 16\%$, $IP = 24\%$ Y con un 58% de arena.
- Los aditivos naturales como la paja y fibra de maguey fueron recolectados de zonas de acuerdo con la accesibilidad de estas y su facilidad de extracción, para este caso se compró la paja de los alrededores del distrito de San Jerónimo, provincia del Cusco y la fibra de maguey se extrajo del distrito de Sicuani, provincia de Canchis por la facilidad de trabajo y por la disposición de herramientas manuales para el proceso de extracción de la fibra de maguey en dicha zona.



Figura 1. Ubicación del lugar de estudio de la investigación

1.4.2 Limitaciones

- Inexistencia de la normalización de la fibra de maguey para el proceso de fabricación de adobes.

1.4.3 Viabilidad

- Se dispuso del laboratorio de Mecánica de Suelos y materiales de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, para realizar los ensayos correspondientes.
- Disposición de los recursos financieros, humanos por parte de los tesisistas para la realización de esta investigación.
- Accesibilidad y fácil adquisición del suelo extraído de la zona de estudio de la investigación y de fibras naturales como de fibra de maguey extraída del distrito de Sicuani, provincia de Cuzco.



1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Objetivo General

- Determinar la influencia de la adición de fibra de maguey en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional en Cusco.

1.5.2 Objetivo Específico

- Determinar el valor de la resistencia a compresión axial en pilas de mampostería de adobe tradicional.
- Determinar el valor de la resistencia a compresión axial en pilas de mampostería de adobe con adición de fibra de maguey.
- Determinar el valor de la resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe tradicional.
- Determinar el valor de la resistencia a compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe con adición de fibra de maguey.



CAPITULO II: ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Desde hace milenios el adobe es ampliamente usado como material de construcción de viviendas, debido a su fácil acceso para las personas, esto sucede en diferentes partes del mundo. “Actualmente el cincuenta por ciento de las casas del mundo están construidas con este material” (Sociedad Geológica Mexicana, 2012). Los métodos de construcción varían de acuerdo con la zona por la variedad de culturas existentes. Cabe resaltar la importancia del uso de este material ya que resuelve el problema de adquisición de vivienda propia por su bajo costo. Entonces en diferentes partes del mundo a lo largo de los años se ha ido estudiando las características físico - mecánicas de este material.

En el Perú la construcción en adobe fue ampliamente utilizada, muestra de ello una de las construcciones de barro más grandes del mundo es Chan Chan, los chimús demostraron tener un excelente dominio de la técnica de construcción con el adobe. De igual manera los incas demostraron su dominio de esta técnica, con la construcción de majestuosos monumentos que se mantuvieron hasta la actualidad tales como Raqchi, Piquillaqta, Palacio Inca de Puruchuco entre otros. En la actualidad aún se utiliza en zonas rurales del país, en poblaciones pequeñas y en la periferia de grandes ciudades. De ahí la importancia de seguir investigando y estudiando para mejorar la calidad de este material, como también mejorar las tecnologías constructivas del mismo.

2.1.1 Antecedentes nacionales

En la región de Ancash, Rímac (2016) en su tesis “Estudio de la resistencia a la compresión del adobe estabilizado, en 0.75% y 1%, del peso con fibra de agave (agave americana l), en la localidad de Chiupampa - Distrito de Huaraz - Departamento de Ancash”, buscó determinar y evaluar la resistencia a compresión del adobe estabilizado con fibra de agave en porcentajes y longitudes diferentes. Elaboró 36 adobes, 6 adobes por cada dosificación (0.00%, 0.75%, 1% del peso de la tierra seca) y longitud (40mm y 50mm) de fibra y realizó los ensayos de compresión simple y la caracterización del mortero de barro y cada uno de sus componentes. Se concluye en que los resultados obtenidos ponen en manifiesto la posibilidad de utilizar la fibra de agave como componente estabilizante junto a la pajilla en la elaboración de adobes.



En la región de Lima, Vargas (2016) en su tesis “Determinación de propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, ladrillo y piedra en edificaciones históricas peruanas” que presenta para optar el Título de Ingeniero Civil, buscó determinar la resistencia del adobe y ladrillo de arcilla cocida de edificaciones históricas, las muestras fueron extraídas de edificaciones históricas de diferentes ciudades del Perú. Se construyeron 50 especímenes entre pilas, muretes, cubos, bloques de adobe y ladrillo cocido; de las que se reconstruyeron 43 muestras en laboratorio con los materiales originales. Luego se ensayaron los especímenes en programas experimentales tales como: compresión axial en pilas, compresión diagonal en muretes, compresión en unidades y análisis granulométrico de la tierra. Con lo anterior se obtuvo que los esfuerzos a compresión axial y diagonal se encuentran por encima de los esfuerzos mínimos admisibles (0.2 y 0.025MPa respectivamente de la Norma). Mientras que para compresión diagonal se obtuvo 0.16 y 0.55MPa, para los muretes directamente extraídos y los reconstruidos en laboratorio respectivamente.

En la región de Lima, Montoya (2017) en su tesis “Construcción con tierra, revisión y sustento de los ensayos de campo: presencia de arcilla o resistencia seca y control de fisuración con arena gruesa” que presenta para optar el Título de Ingeniero Civil. Con el fin de corroborar los ensayos de campo de prueba de resistencia seca, que tiene la finalidad de conocer si la cantera elegida tiene suficiente arcilla y el ensayo de control de fisuras con arena gruesa. Llegando a la conclusión que ambos ensayos son complementarios, es decir se tienen que hacer ambas pruebas para tener la certeza de que la cantera elegida y la mezcla son óptimas para la construcción en un mínimo tiempo, con lo cual existe una probabilidad de eficacia, economía y cierta seguridad.

En la región del Cusco, Vanessa & Carlos (2017) en su tesis “Estudio comparativo de las propiedades físico - mecánicas de las unidades de adobe tradicional frente a las unidades de adobe estabilizado con asfalto” que presentan para optar el Título de Ingeniero Civil, tienen como objetivo principal la implementación de nuevas propuestas para mejorar la calidad de unidades de adobe. El desarrollo de la investigación inicia desde la selección del material, ensayos in - situ, ensayos a nivel físico - mecánico de las unidades de adobe tradicional y unidades de adobe estabilizado con asfalto. Se obtuvo resultados favorables para las unidades de adobe estabilizado con asfalto, ya que poseen mejores propiedades resistentes y un mejor comportamiento al contacto con el agua frente a las unidades de adobe tradicional.



2.1.2 Antecedentes internacionales

En la ciudad de Ambato - Ecuador, Llumitasig & Siza (2017) en su tesis “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”. Realizaron 10 combinaciones con los aditivos mencionados, la combinación realizada fue a base de savia de penca de tuna o sangre de toro, para evitar la coagulación de la sangre y el desecamiento de la savia de penca de tuna se dejó reposar la mezcla de manera tradicional. Se realizaron 6 muestras de cada combinación, las cuales se elaboraron de forma y dimensiones según el Proyecto de Actualización Norma E.080, después se ensayaron acorde al mismo. Al final se pudo determinar que la combinación realizada con barro dormido más la adición de estabilizadores como sangre de toro y estiércol de vaca obtuvo una mayor resistencia a compresión.

En La ciudad de Cuenca - Ecuador, Eddy & Rosa (2017) en su tesis de titulación de arquitecto “Caracterización física y mecánica del adobe en el Cantón, Cuenca”, tuvo como objeto investigar las técnicas constructivas más utilizadas en dicha región, se realizaron ensayos técnicos de carácter físico como: granulometría, limite líquido, limite plástico, índice de plasticidad y contenido de materia orgánica; en cuanto a lo mecánico se realizó pruebas de compresión, flexión y tracción indirecta. Con estos resultados se realizó el modelamiento con software y análisis de estructuras por medio de elementos finitos para explicar el comportamiento de las edificaciones.

En La ciudad de Cuenca - Ecuador, Eva & María (2018) en su tesis de titulación de arquitecto “Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio”; analiza el comportamiento de la fibra de vidrio como refuerzo en el adobe y compara los adobes con la adición de esta fibra frente al adobe tradicional. Realizaron ensayos de compresión y flexión en unidades de adobe, ensayos de muretes a compresión axial y compresión diagonal. Se concluye finalmente que el adobe reforzado con fibra de vidrio es aceptable y resulta viable en la mejora de las propiedades físico - mecánicas del adobe tradicional.



2.2 MARCO TEORICO

2.2.1 Adobe tradicional

2.2.1.1 Características del adobe tradicional

Idealmente, el adobe tradicional, está conformado por una mezcla de arcilla, limo, arena y agua; debido a la pérdida de agua en el secado del adobe, estos elementos pierden estabilidad y pueden ser vulnerables ante agentes externos como la lluvia, erosión; por lo que, generalmente debe ser protegido mediante la construcción de techos (Arce & Arodriguez, 2014).

Las investigaciones de la elaboración de adobe han mostrado lo siguiente:

- El empleo del adobe en la construcción de viviendas produce una gran inercia térmica, por lo que sirve de regulador de la temperatura interna; en verano retiene el frío y durante el invierno el calor interno.
- Si el secado del adobe ocurre en la sombra, la contracción es menor.

2.2.1.2 Fabricación del adobe tradicional

En países como el nuestro y en especial en nuestra zona andina, el mismo poblador fabrica sus adobes, auto construyendo su vivienda. El proceso no ha cambiado sustancialmente desde que el hombre construyó su vivienda con el inicio del empleo del adobe. El primer paso, es la extracción de la tierra a la que se elimina manual y minuciosamente todo tipo de impurezas; acto seguido se hace una mezcla con agua y paja u otras fibras naturales que sirven de adherente de toda la masa de barro para evitar que se fisuren al secar, aunque en ocasiones le adicionan algún aditivo natural.

Después de la mezcla se deja dormir durante un día o más. La masa resultante se vacía sobre una explanada cubierta de paja, se introduce la masa de barro en un molde de madera húmeda que se denomina adobera y se desmoldan, luego de un día sin estar suficientemente secos los adobes se colocan en posición de canto para que se oreen por las dos caras, se deja secar al sol por lo general unos 25 a 30 días aproximadamente. Se controla el secado ya que debe ser lento para evitar el fisuramiento. Las dimensiones adecuadas deben ser tales que el operador pueda manipularlo adecuadamente, pero hay variaciones que pueden ser importantes dependiendo de la zona.



Las publicaciones técnicas recomiendan una serie de procedimientos y pruebas; sin embargo, el poblador utiliza procedimientos más sencillos y que estén a su alcance, a continuación, se mencionan las siguientes etapas:

A. Selección de la tierra adecuada

El poblador utiliza generalmente el material del sitio; sin embargo, para elaborar adobes de buena calidad implica realizar como primer paso una adecuada selección de suelo. Para tal fin, existen un conjunto de pruebas de campo como las pruebas del rollito, la botella, la bolita entre otros. Estas pruebas permiten tener mucha seguridad en relación con el suelo escogido y pueden orientar el proceso de preparación de adobe. Es importante evitar la presencia de materia orgánica en el suelo seleccionado para hacer adobes, puesto que ésta incrementa en gran medida la contracción de los adobes y reduce su resistencia al generar vacíos debidos a su proceso de descomposición. En muchas ocasiones se suele utilizar la tierra de terrenos de cultivo, con el riesgo de introducir materia orgánica; por ello se retira previamente la capa superficial que contiene la materia orgánica y emplean las capas más profundas situadas por lo menos a unos sesenta centímetros de la superficie.

B. Preparación del barro

Seleccionada la tierra adecuada para la elaboración de los adobes, se humedece totalmente mezclando con el agua, y luego permanece en reposo por el lapso de uno o dos días; esta operación se denomina “dormir el barro”, para que el agua penetre totalmente en los grumos de arcilla.

C. Mezclado

Se remoja el suelo seleccionado, retirándose las piedras y otros elementos extraños como raíces o fragmentos de vidrio, etc. Se agrega agua poco a poco, realizándose el mezclado con lampas y amansando con fuerza el barro con los pies (pisado), se va agregando paja a la mezcla de barro para controlar las futuras fisuras de los adobes al secar.



Figura 2. Preparación y mezclado del barro.

D. Moldeo de adobes

El proceso de elaboración de los adobes se hace utilizando las adoberas. Las medidas de ancho y largo varían dependiendo de la ubicación geográfica. En Cusco son muy usuales los adobes de 40 ó 50 cm de largo. Las adoberas están construidas por lo general de madera corriente de 1 pulgada de espesor. La adobera después de cada uso se debe limpiar y mojar con agua para evitar que el barro se pegue y que la unidad de adobe se deforme.

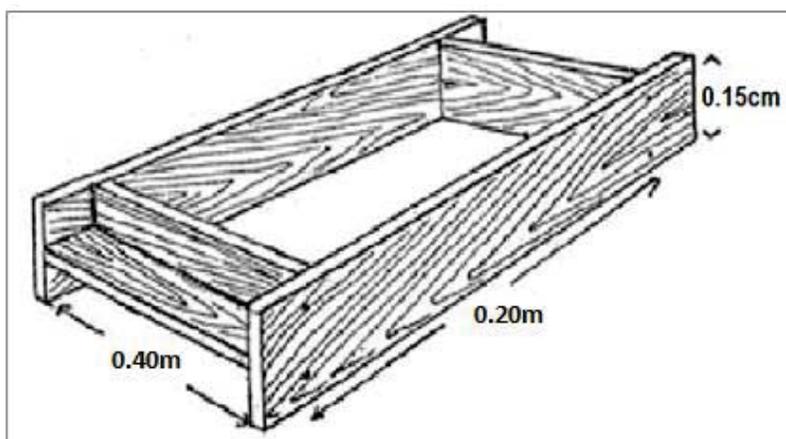


Figura 3. Dimensiones más usadas para la elaboración de unidades de adobe.

E. Tendal

Se precisa una zona para el secado de los adobes, que se denomina tendal, que debe estar limpia, nivelada y lo suficientemente extensa para abarcar, la producción de varios días.

En algunos casos en la sierra se suele colocar una capa de paja en el tendal y en la costa se usa una capa de arena, que evita la adherencia de elementos extraños, o la adherencia entre el adobe y el tendal, que podría generar grietas y fisuras.

F. Secado del adobe

El secado depende del clima, pudiendo tardarse de 2 a 4 semanas. Si el clima es muy caluroso, los adobes se pueden secar bajo sombra durante los primeros dos días, para evitar el secado brusco que podría generar fisuras. Después de un día de secado, se colocarán los adobes en posición de canto, para que el secado sea rápido y uniforme.



Figura 4. Secado del adobe.



2.2.1.3 Ventajas del uso del adobe tradicional

- La tierra para la fabricación del adobe es de fácil acceso para el usuario, ya que se encuentra en la zona de construcción de la vivienda.
- La construcción de vivienda con adobes resulta ser simple y de bajo costo.
- No necesita de mano de obra calificada, ya que en muchos casos se aplica la auto construcción.
- Las viviendas de adobe tienen excelentes propiedades térmicas, es decir en un clima caluroso al interior de una vivienda de adobe la temperatura disminuye y lo contrario ocurre en climas fríos.
- Las viviendas de adobe poseen buenas propiedades acústicas, debido al espesor del muro de adobe y la compacidad del adobe.
- El adobe es un material reciclable, es decir se puede rehusar las unidades de adobe de construcciones antiguas o se puede triturar las unidades y volver a usar la tierra.
- Al no requerir transporte evita la contaminación por vehículos.

2.2.1.4 Desventajas del uso del adobe tradicional

- Las construcciones de adobe son vulnerables a los efectos de fenómenos naturales tales como terremotos, lluvias e inundaciones, por lo que requiere reforzamiento como el uso de aleros amplios de techos y sobrecimientos.
- El área en planta de los muros ocupa demasiado espacio.
- El ancho de los vanos es limitado.
- Las construcciones de adobe están limitadas en la altura por lo general solo alcanzan dos pisos y en algunos casos un tercero; pero con material liviano, como la quincha.

2.2.2 Maguey (*furcraea andina*)

2.2.2.1 Historia del maguey

La planta de maguey, genero agave o pacpa como se conoce nacionalmente, es originario del continente americano en nuestro país es comúnmente encontrado en forma silvestre en los valles serranos y cultivado con motivo ornamental en los jardines. Se le adjudicaron diversos nombres, según las zonas en que crecieron. Los nombres más populares son: Agave, Maguey, Cabuya, Chuchau, Pacpa, Penca, etc. (Wikipedia, 2018).



2.2.2.2 Producción de maguey en el Perú

En el Perú se le considera propia porque su presencia y usos datan de la época prehispánica. En la sierra peruana el maguey abunda en las regiones de Huancavelica, Junín, Huánuco, Ayacucho, Cajamarca, Ancash. En Cusco está en las ciudades de Urubamba, Moray, Salinas, Maras, Lucre, Huacarpay (Rivera, 2016). Por lo general se utiliza como cerco vivo para establecer linderos entre propiedades rurales y como planta ornamental; no obstante, es una especie que puede ser incorporada en sistemas agroforestales. Crece en terrenos pedregosos, arenosos y de baja productividad agrícola.

2.2.2.3 Características químicas de la fibra de maguey

Según Salinas (2012). La composición química de la fibra de maguey varía según la especie, las condiciones climáticas, el tipo de suelo y el tipo de procesamiento de la fibra, pero de manera general se ha encontrado la presencia de celulosa, hemicelulosa y lignina como sus componentes principales. “La hemicelulosa y lignina en las fibras naturales se encargan de 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”.

Tabla 01. Componentes químicos de la fibra de maguey.

Componentes	Porcentaje Contenido
Cenizas	0.70%
Resinas, ceras y grasas	1.90%
Pentosas	10.50% - 17.7%
Celulosa	62.70% - 73.80%
Lignina	11.30% - 15.5%

Fuente: 1er Congreso Internacional de fibras Naturales, Antioquia – Colombia

2.2.2.4 Características mecánicas de la fibra de maguey

Las características mecánicas de la fibra de maguey pueden ser variables debido a diversos factores que influyen en el tipo de resistencia, sin embargo, cabe señalar que la cantidad de celulosa determina la resistencia mecánica de la fibra y de acuerdo con esto se deduce valores de resistencia aproximados de acuerdo con la composición química representativa de la fibra de maguey.



Tabla 02. Características mecánicas de la fibra de maguey.

Tipo de Resistencia	Cuantificación
Resistencia a la tracción	305MPa (3 111.00 kg/cm ²)
Resistencia al Corte	112 MPa (1 142.00 kg/cm ²)
Módulo de elasticidad	7.50 MPa (76.50 kg/cm ²)
Densidad	1.30 g/cm ³

Fuente: Tecnología de polímeros; M. Beltrán y A. Marcilla

2.2.3 Propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe

A continuación, mencionaremos las propiedades físico - mecánicas más representativas de la unidad de adobe y al final se presenta una tabla con los valores que se considera aceptable según la normativa.

2.2.3.1 Variación dimensional

Según la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería y NTP 399.604,1999, UNIDADES DE ALBAÑILERIA. El objetivo de esta prueba es definir el porcentaje de variación de las dimensiones de la unidad de adobe, dado que estas varían significativamente por la pérdida de agua y por la contracción de la arcilla presente.

2.2.3.2 Absorción

Según la Norma y NTP 399.604,1999, UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto. El objetivo de esta prueba es conocer la capacidad de absorción de las muestras a ser ensayadas cuando alcanzan un estado de saturación, en otras palabras, obtendremos un índice que refleje la capacidad de absorción da agua de los especímenes ante 24 horas de inmersión en agua.



2.2.3.3 Resistencia a compresión

Según la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. El valor de esfuerzo resistente en compresión se obtendrá en base al área de la sección transversal, definiéndose la resistencia ultima o fo como el valor que sobrepase en el 80% de las piezas ensayadas. La resistencia a compresión de la unidad es un índice de la calidad de la misma y no de la albañilería.

2.2.3.4 Resistencia a la tracción por flexión

Según la Norma ASTM C – 67. Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales. Se ejecuta en la máquina de compresión sobre una unidad de adobe entera, la cual se apoya en una luz y se carga en el centro. El ensayo consiste en producir un esfuerzo de tracción por flexión hasta la ruptura de la unidad.

2.2.4 Propiedades mecánicas del mortero de barro

El mortero es el elemento que se encarga de juntar las unidades de adobe para formar la mampostería, en las construcciones de adobe se hace con el mismo material usado para fabricar las unidades, en la mayor parte de los casos ya no le agregan la paja, fibra natural o aditivo utilizado. Por lo que es importante conocer sus propiedades mecánicas.

2.2.4.1 Resistencia del mortero a compresión

Según la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería. La resistencia a compresión es la carga por unidad de área a la cual una probeta de mortero de barro, cilíndrica o prismática, falla en el ensayo de compresión simple.

2.2.4.2 Adherencia del mortero

Según Menéndez, (1946). La adherencia es una característica propia de los morteros de albañilería, es la propiedad que poseen los morteros de adherirse a los materiales con los cuales están en contacto. El procedimiento de ensayo se realiza según la Norma Mexicana NMX-C-082C1974. “Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas” (NMX-C-082-1974).



2.2.5 Propiedades mecánicas de la mampostería de adobe

Las propiedades mecánicas que más predominan son la resistencia a compresión en pilas y la resistencia a compresión diagonal en muretes.

2.2.5.1 Resistencia de la mampostería de adobe a compresión axial

Según la Norma NTP 399.605,2009. Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. La resistencia a compresión axial de la mampostería de adobe es importante porque mide la máxima fuerza axial por unidad de área que puede soportar la mampostería, en un estado de compresión pura. Se calcula mediante el ensayo de compresión axial sobre especímenes de mampostería (pilas).

2.2.5.2 Resistencia de la mampostería de adobe a compresión diagonal

Según la Norma NTP 399.605,2009. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería. La resistencia máxima a compresión diagonal de la mampostería de adobe es importante porque este valor caracteriza el comportamiento de los muros ante la acción de fuerzas laterales en su plano. Se calcula mediante el ensayo de compresión diagonal de muretes.

Tabla 03. Esfuerzos mínimos de rotura de ensayos de resistencia mecánica.

Tipo de Muestra	Ensayo de laboratorio	Esfuerzo Mínimo de Rotura	Norma
Unidad de adobe	Compresión simple	10.2 kg/cm ²	E-080
	Tracción por flexión	0.81 kg/cm ²	E-080
Cilindro de mortero de barro	Compresión simple	10.2 kg/cm ²	E-080
Junta de mortero de barro	Resistencia a la tracción	0.12 kg/cm ²	E-080
Pila de adobe	Compresión axial	6.12 kg/cm ²	E-080
Murete de adobe	Compresión diagonal	0.25 kg/cm ²	E-080

Fuente: Elaboración Propia

2.2.6 Comportamiento estructural de la mampostería de adobe

Los muros de adobe tienen una adecuada resistencia a compresión, lo que les permite soportar cargas de gravedad. Las dificultades se presentan cuando los muros deben soportar cargas horizontales de sismo, cuando actúan perpendicularmente al plano del muro. Su resistencia depende principalmente de su capacidad de absorber esfuerzos de corte.



CAPITULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

- La adición de fibra de maguey modifica las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional en Cusco.

3.1.2 Hipótesis Específicos

- La adición de fibra de maguey en el abobe, en pilas de abobe, mejorará la resistencia a compresión axial con respecto a la resistencia a compresión axial de pilas de adobe tradicional.
- La adición de fibra de maguey en el abobe, en muretes de abobe, mejorará la resistencia a compresión diagonal con respecto a la resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe tradicional.

3.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

3.2.1 Variables independientes

- Cantidad de fibra de maguey.

3.2.2 Variables dependientes

- Resistencia a compresión axial.
- Resistencia a compresión diagonal.



3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La operacionalización de variables se realiza a aquellas que son susceptibles a medición; en este caso será la variable independiente (cantidad de fibra de maguey) y la variable dependiente (Resistencia a compresión axial y Resistencia a compresión diagonal).

Tabla 04. Operacionalización de variables

Tipo de Variable	Variable	Indicador	Medición	Instrumento
INDEPENDIENTE (X)	Cantidad de fibra de maguey	Adobe sin adición de fibra de maguey (Adobe tradicional con paja).	Kg (paja seca)	Balanza
		Adobe con adición de fibra de maguey.	Kg (fibra de maguey seca)	Balanza
DEPENDIENTE (Y)	Resistencia a compresión axial	Esfuerzo de compresión axial	Kg-f/cm ²	Equipo de compresión. Norma E.080 (Diseño y Construcción con tierra reforzada, 2017)
	Resistencia a compresión diagonal	Esfuerzo de compresión diagonal	Kg-f/cm ²	Equipo de compresión. Norma E.080 (Diseño y Construcción con tierra reforzada, 2017)

Fuente: Elaboración propia.



CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología es del tipo cuantitativo, se debe a que las variables que conforman esta investigación se someten al proceso de recolección, medición numérica y análisis de datos, con la finalidad de consignar patrones en el comportamiento de la adición de fibra de maguey en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional. Para la interpretación de parámetros estadísticos como la desviación estándar y el coeficiente de variación de toma en cuenta los rangos que se muestran en la Tabla 05, descritos por DANE (2008).

Tabla 05. Interpretación del Coeficiente de Variación.

Rango de Estimación de Dispersión (%)	Interpretación de Calidad Estadística
0-7	Es precisa
8-14	Precisión aceptable
15-20	Precisión regular
> 20	Poco precisa

Fuente: Dirección de Censos y Demografía.

4.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación para la presente se considera Descriptiva - Explicativa; ya que se describen las características de los resultados obtenidos de las propiedades estudiadas, así mismo se explican los acontecimientos del análisis sobre la adición de la fibra de maguey en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional.

4.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

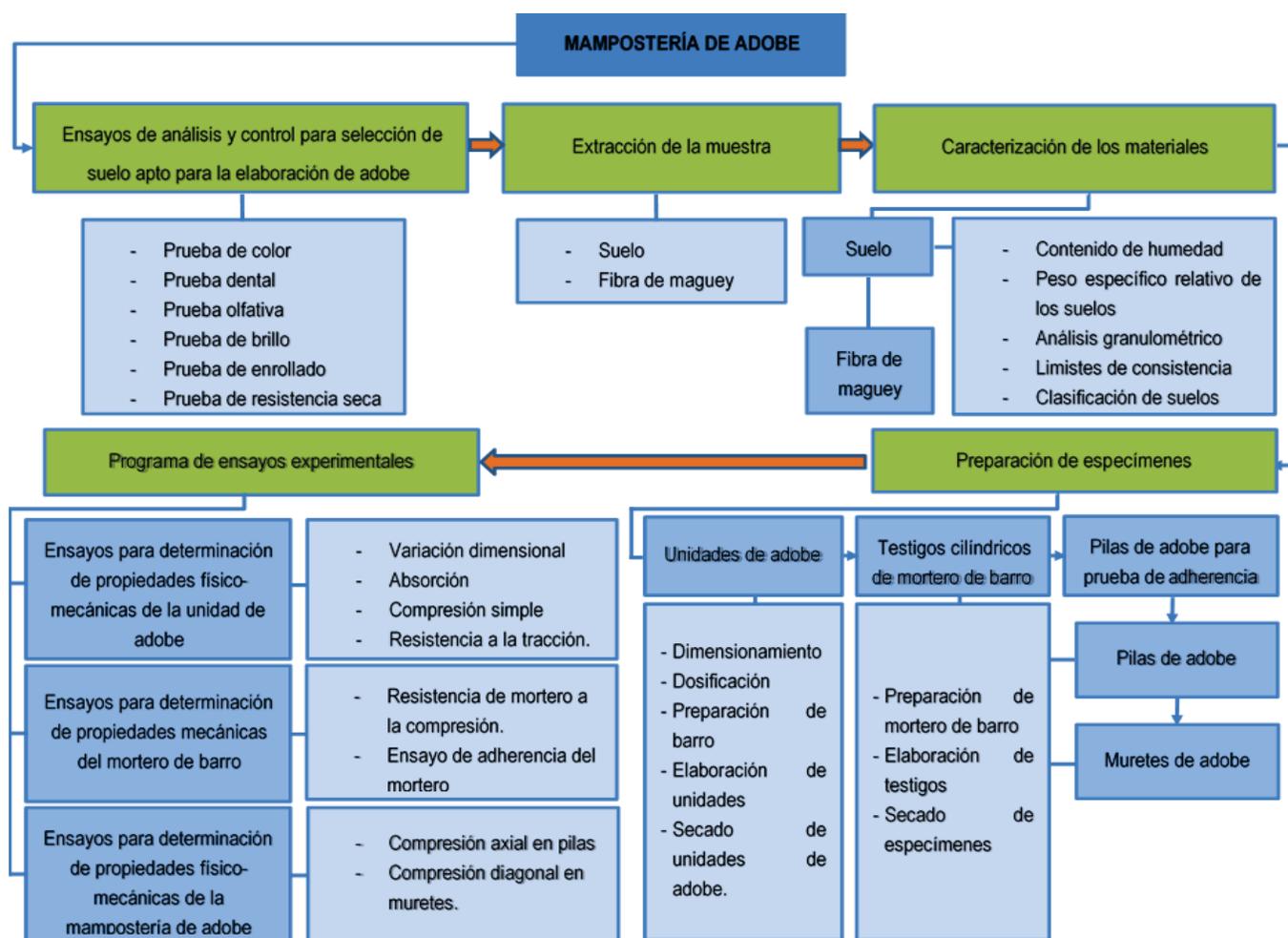
Esta investigación es de diseño cuasi - experimental debido a la comparación que se realiza entre las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe tradicional y la mampostería de adobe reforzado con fibra de maguey. Se manipula la cantidad de fibra de maguey (variable independiente) en tres porcentajes con respecto al peso seco del suelo, además se mantiene constante las proporciones de suelo, agua y un porcentaje de paja; se determina la influencia de la cantidad de fibra de maguey que tiene en las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe



(Variable dependiente); esto se realiza con el propósito de observar los resultados de las diferencias generadas por la variable independiente.

En la presente investigación, se vio por conveniente realizar algunos ensayos que nos permitan conocer la influencia de la fibra de maguey en las propiedades físico - mecánicas de los componentes de la mampostería de adobe (unidad de adobe, mortero de barro),

Para desarrollar la investigación se sigue un esquema general, la que sirve de guía para la presente investigación. A continuación, se desarrolla el esquema propuesto:





4.3.1 Descripción y cuantificación de muestra

Se ensayaron en total 125 muestras entre unidades de adobes, cilindros de mortero de barro, pilas y muretes de adobe tradicional con paja y con fibra de maguey. Las pilas y muretes son elaborados con unidades de adobe de 25 x 13 x 9 cm, cuyas medidas cumplen con las relaciones recomendadas en la Norma vigente E.080, 2017. Se consideró realizar tres especímenes por cada variable para las diferentes pruebas; así mismo se calculó el número total de especímenes de unidades de adobe requeridas para llevar a cabo todas las pruebas programadas que es en total 320 unidades de adobe que se obtiene con la relación del volumen total de todos los especímenes y el volumen de una unidad de adobe. La cantidad de muestras se detallan a continuación en el siguiente cuadro:

Tabla 06. Descripción y cuantificación de los especímenes por cada tipo de muestra.

ENSAYOS	ESPECIMEN	DIMENSIONES DEL ESPECIMEN (cm)	N° DE MUESTRAS POR VARIABLE (% en relación con el peso seco de la muestra)					N° MUESTRAS TOTALES
			0.20%PAJA	0.35%PAJA	0.20%PAJA + 0.05%MAGUEY	0.20%PAJA + 0.15%MAGUEY	0.20%PAJA + 0.20%MAGUEY	
Variación dimensional	Adobe	25 x 13 x 9	4	4	4	4	4	20
Absorción	Adobe	25 x 13 x 9	3	3	3	3	3	15
Resistencia a compresión	Adobe	25 x 13 x 9	3	3	3	3	3	15
Resistencia a tracción	Adobe	25 x 13 x 9	3	3	3	3	3	15
Resistencia del mortero a compresión	Cilindro	5 x 10	3	3	3	3	3	15
Ensayo de la adherencia del mortero	Pila	25 x 30 x 13	3	3	3	3	3	15
Resistencia a compresión axial	Pila	25 x 40.5 x 13	3	3	3	3	3	15
Resistencia a compresión diagonal	Murete	51.5 x 51 x 13	3	3	3	3	3	15
NUMERO TOTAL DE MUESTRAS EN UNIDADES DE ADOBE								125

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 Ensayos preliminares para selección de suelo apto para elaboración de adobes

Para la selección del suelo se consideró la cercanía al laboratorio para realizar todos los ensayos de laboratorio, además se realizó las pruebas de campo correspondientes, que se describen a continuación:

4.3.2.1 Prueba de color

Al observar el color del suelo seleccionado, se puede tener los siguientes casos: el negro correspondería a suelos orgánicos, claros y brillantes a suelos inorgánicos, gris claro a suelos limosos poco cohesivos. En nuestro caso corresponde a un color claro y brillante, el cual se considera apto.



Figura 5. Prueba de color del suelo seleccionado en campo.

4.3.2.2 Prueba dental

Se toma una pequeña muestra de suelo y se coloca entre los dientes, si rechinan entre los dientes, causan una sensación desagradable son partículas duras, entonces el suelo es arenoso; caso contrario, son más ligeros y rechinan suavemente, el suelo sería limoso. Para nuestro caso al realizar la prueba el suelo seleccionado corresponde a un suelo arenoso, el cual es apto para fabricar adobes.



Figura 6. Prueba dental del suelo seleccionado.

4.3.2.3 Prueba olfativa

Se toma una muestra de suelo en las manos, si el suelo desprende un olor con características a podrido de materia orgánica, entonces no es apto, en caso no se perciba ningún olor se considera apto. Siguiendo el proceso según el material seleccionado no desprendió ningún tipo de olor rancio, por lo que es apto.



Figura 7. Prueba de olor del suelo seleccionado.

4.3.2.4 Prueba de brillo

El procedimiento para esta prueba es tomar una muestra de suelo, amasarlo y formar una esfera, seguidamente se parte con un cuchillo por la mitad. Según la tonalidad de la zona cortada se puede tener los siguientes casos: opacos corresponde a suelos arenosos, mates a suelos limosos con poca arcilla, brillantes a arcillosos. Para nuestro caso se obtuvo una tonalidad mate, lo cual dice que no es apto.

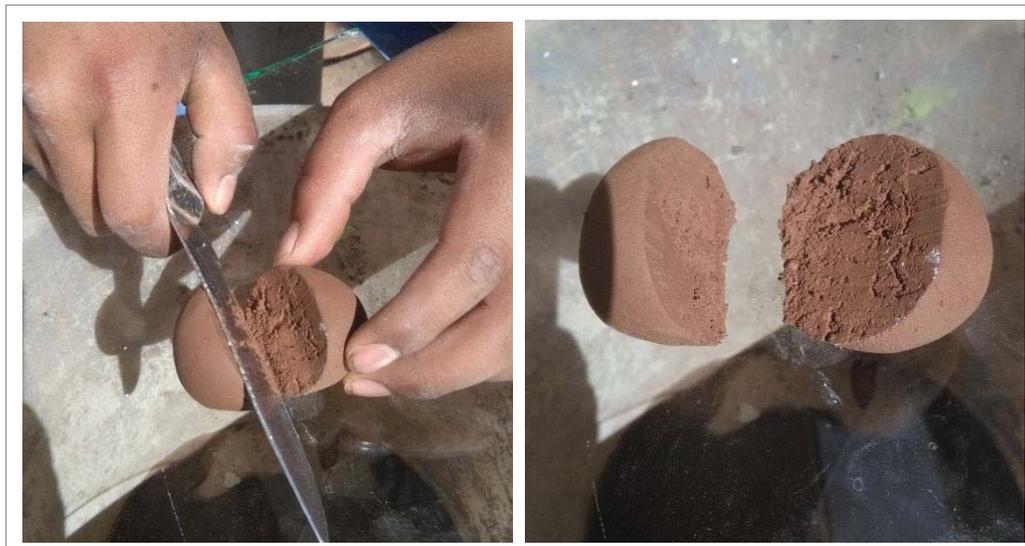


Figura 8. Corte con cuchillo de bolitas de barro para prueba de brillo.

4.3.2.5 Prueba de enrollado

Tomando una muestra de barro se hace un cilindro de 12mm de diámetro, se coloca en la mano, se empieza a aplanar poco a poco entre los dedos pulgar e índice, formando una cinta de 4 mm de espesor y se deja descolgar lo más que se pueda, este procedimiento se describe en la Norma E - 080. Según nuestros resultados se observó que el material seleccionado alcanzó una longitud de 10 cm, que está dentro de los rangos permisibles por dicha norma para la elaboración de los adobes tradicionales.



Figura 9. Elaboración de cintas de barro para prueba de enrollado.

4.3.2.6 Prueba de resistencia seca

Se siguió el procedimiento descrito en la Norma E - 080, se tomó otra muestra de tierra y se formó 4 bolitas de barro sobre las palmas de las manos con la mínima cantidad necesaria de agua en cada bolita, al secarse estas no se deformaron a simple vista, se dejó secar por 48 horas sin dejar que se humedezcan por algún agente externo, transcurridas la 48 horas se presionó fuertemente cada una con el dedo pulgar y el dedo índice de una mano, los resultados que arrojaron es que el suelo si es apto por contener un contenido apropiado de arcilla.



Figura 10. Prueba de resistencia seca, después de 48 horas de secado.

4.3.2.7 Prueba de la botella

Se realizó la prueba de la botella, tomando una porción de tierra en estado natural, se dispuso está dentro de una probeta reemplazando a la botella por ser graduada. Después de echar tierra en un cuarto de la capacidad de la probeta se completó los tres cuartos de la capacidad de la probeta con agua. Luego se sacude, se deja reposar hasta que todas las partículas del suelo se reordenen y/o sedimenten y el agua se cristalice, de tal forma que los agregados queden al fondo (arena), por encima las arcillas, sobre estas el limo y finalmente la materia orgánica queda flotando. Este proceso se realiza con el fin de conocer los porcentajes de los componentes del suelo.

Después de ese proceso se mide las longitudes de cada capa obtenida y se calcula los porcentajes en relación con la longitud total de material en la probeta.



Figura 11. Prueba de la botella con la muestra de suelo a usar.

Tabla 07. Porcentajes de componentes del suelo obtenidos con la prueba de la botella.

Material	Longitud (cm)	Porcentaje	Norma E.080	Cumple
Arcilla	3.10	22%	10% - 20%	No
Limo	2.80	20%	15% - 25%	Si
Arena	8.20	58%	55% - 75%	Si
Total	14.10	100%	100%	Si

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 07, se observa que el porcentaje de arcilla no está dentro de los valores asignados por la Norma E.080, es decir la presencia de arcilla es relativamente alta, pero no muy lejano del rango permisible y los otros componentes están dentro de ese rango, por lo que según esta prueba el suelo es apto para la elaboración de los adobes.

4.3.3 Extracción de la muestra

4.3.3.1 Suelo

El suelo usado para la presente investigación se extrajo de la parte exterior del laboratorio de mecánica de suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por los siguientes motivos: primero por la existencia de tierra removida en dicha zona, lo cual facilitaría su extracción; además por la cercanía al laboratorio para evitar el maltrato de los especímenes en el transporte hacia la misma para realizar los ensayos pertinentes. Para realizar esta actividad se hizo el uso de herramientas manuales tales como pico y pala, para la remoción de la tierra y para almacenarla se colocó sobre plástico para evitar que se mezcle con otros materiales que existiesen en dicha zona. La cantidad extraída fue aproximadamente de 3 metros cúbicos, los cuales fueron suficientes para la cubrir la cantidad requerida de unidades de adobe y de mortero de barro. El suelo que la población usa generalmente es la tierra es del sitio y por lo que en este caso es el que predomina en la ciudad del Cusco.



Figura 12. Extracción del suelo seleccionado para la elaboración de adobes.

4.3.3.2 Fibra de maguey

Para la extracción de la fibra de maguey se tuvo que seguir un procedimiento descrito en artículos y videos de internet sobre extracción de la fibra de maguey, que se describen a continuación. Primero, se escogió el lugar donde la planta crece en forma silvestre y en abundancia, para el caso se escogió el maguey que crece en los alrededores de la ciudad de Sicuani; segundo, nos dirigimos al sitio para extraer las hojas de maguey haciendo el uso de herramientas (cuchillo, machete), se



hizo el corte desde la parte inferior de la misma, luego se transporta hacia el lugar de trabajo para extracción de la fibra, la cantidad que se extrajo para la presente investigación fue alrededor de 600 hojas de maguey; tercero, se procede a sacar la pulpa de la hoja de maguey haciendo uso de pequeños rollizos de madera para chancar la hoja sin dañar las fibras; cuarto, se colocan las hojas chancadas sobre una superficie plana de madera sujetándolas por la parte superior y frotándolas de arriba hacia abajo con una regla de madera o metálica, se repite la acción hasta expulsar toda la pulpa existente alrededor de las fibras; quinto, se corta la parte superior, ya que esta queda aún con pulpa y la parte libre se coloca en un recipiente con agua. Se repite las acciones para cada hoja, la fibra extraída se almacena en un recipiente con agua para que siga expulsando los residuos de savia, luego en conjunto se lava las fibras en otro recipiente de agua, hasta que quede limpia.



Figura 13. Proceso de extracción para la obtención de la fibra de maguey.

4.3.4 Caracterización de los materiales para la elaboración de adobes.

4.3.4.1 Suelo

La composición de suelo y sus propiedades físicas dependen del lugar de selección de la tierra para la elaboración de los adobes, dicha selección se realiza en base a pruebas tradicionales de campo. Pudiendo estar compuesta por diferentes porcentajes de arcilla, limo y arena. Para determinar la composición del suelo y sus propiedades físicas es necesario realizar los siguientes ensayos:

A. Contenido de humedad

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.

a. Procedimiento de ensayo

Se realizó dicho ensayo en base a la norma NTP 339.127, 1999. Se toma la muestra de suelo en estado natural, por debajo de la superficie expuesta, se coloca la muestra en 4 capsulas debidamente identificadas y previamente pesadas, después se pesa las capsulas con la muestra de suelo en estado natural, seguidamente se colocan el suelo húmedo en un horno controlado a 110 ± 5 °C por 24 horas hasta que el peso sea constante, finalmente se pesan las capsulas con la muestra seca del suelo.



Figura 14. Prueba de contenido de humedad del suelo seleccionado.

b. Cálculo del contenido de humedad

Se determina el peso del suelo húmedo, el peso del suelo seco que se obtiene del secado al horno que viene a ser el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. (NTP 339.127, 1999)

El contenido de humedad de la muestra se calcula mediante la siguiente formula, donde w es el contenido de humedad expresado en porcentaje (%).

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

Del ensayo se obtiene el contenido de humedad de la muestra del suelo que igual a 39.79%.



Figura 15. Contenido de humedad natural de las muestras y el promedio de estas.

B. Peso específico relativo de los suelos

El peso específico relativo de las partículas sólidas es la relación entre el peso en aire del volumen de un material, a una temperatura indicada y el peso en aire del volumen de agua a la misma temperatura. (NTP 339.131, 1999).

a. Procedimiento de ensayo

Primero se determina el peso del recipiente donde se colocará la muestra de suelo que pasa la malla N°4, se pesó 54 gramos de material previamente secado al horno. Luego se pesa el picnómetro con agua hasta la marca de aforado de 500 ml. Se disminuye la cantidad de agua para que la muestra de suelo ingrese a la misma. Se extrae el aire sometiéndola a la bomba de vacíos. Finalmente se afora el frasco y se pesa el picnómetro con la muestra.



Figura 16. Ensayo de peso específico relativo de los suelos.

b. Calculo del peso específico relativo del suelo

Se calcula el peso específico con la formula siguiente:

$$G_s = \frac{W_s}{W_{fw} + W_s - W_{fsw}}$$

Donde:

G_s : Peso específico de las partículas sólidas del suelo

W_s : Peso seco del suelo en gr.

W_{fw} : Peso del picnómetro + peso del agua en gr.

W_{fsw} : Peso del picnómetro + peso del suelo + peso del agua en gr.

Tabla 08. Datos y resultados del desarrollo del ensayo de peso específico.

Muestra	M-01
Peso Suelo Seco (gr.)	54.00
Peso Picnómetro + Agua (gr.)	662.13
Peso Picnómetro + Agua + Suelo Seco (gr.)	691.83
Peso Específico	2.22

Fuente: Elaboración Propia

C. Análisis granulométrico por tamizado

El análisis granulométrico de un suelo consiste en pasar una muestra de suelo por diferentes tamices o mallas que van de una abertura mayor a menor, se realiza este proceso con el fin de determinar la distribución de tamaños de las partículas del suelo.

a. Procedimiento de ensayo

Se toma una cantidad considerable de muestra de suelo, luego se realiza el cuarteo de dicha muestra y se toma uno de estos cuartos. Luego se seca el material en el horno. Después de tener el peso seco de la muestra se procede a lavar para separar las partículas que pasan el tamiz N° 200, posterior a esto se seca en el horno la muestra restante para proceder al tamizado con una serie de tamices recomendados por la NTP 399.129, 1999. Luego se pesa cada material retenido en cada uno de los tamices.



Figura 17. Procedimiento de ensayo de análisis granulométrico de los suelos.



b. Análisis granulométrico de la muestra del suelo

Según la norma E-080, el adobe debe tener una gradación aproximada de arcilla 10-20%, limo 15-25%, arena 55-75%, sin considerar la presencia de partículas que superen el diámetro de 3/8”.

Se realizó el ensayo de granulometría por el método mecánico y en base a la norma NTP 399.129, 1999. El análisis granulométrico muestra que los limos y arcillas (fracción de finos) con un tamaño de grano menor que la malla N°200, representan el 42% del suelo y la arena el 58% del suelo. Además de que dicho suelo presenta partículas con diámetro de 3/8”.

Tabla 09. Análisis granulométrico del suelo seleccionado.

Antes del lavado			Después del lavado			
Peso de la Muestra Seca = 750. 00gr			Peso de la Muestra Seca = 441.30 gr % de Error en Peso = -0.20%			
Tamiz	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso que Pasa (gr)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
3/4"	19	0.00	750.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	10.36	739.64	1.38%	1.38%	98.62%
N° 4	4.75	106.57	633.07	14.21%	15.59%	84.41%
N° 10	2	159.94	473.13	21.33%	36.92%	63.08%
N° 20	0.850	71.62	401.51	9.55%	46.47%	53.53%
N° 40	0.425	31.54	369.97	4.21%	50.67%	49.33%
N° 60	0.250	16.18	353.79	2.16%	52.83%	47.17%
N° 100	0.150	16.50	337.29	2.20%	55.03%	44.97%
N° 200	0.075	27.55	309.74	3.67%	58.70%	41.30%
Cazuela	-	1.94	-	0.26%	58.96%	-
Lavado	-	308.70	-	41.04%	100.00%	-
Retenida en Lavado =		150.40	442.20		100.00%	

Fuente: Elaboración Propia.

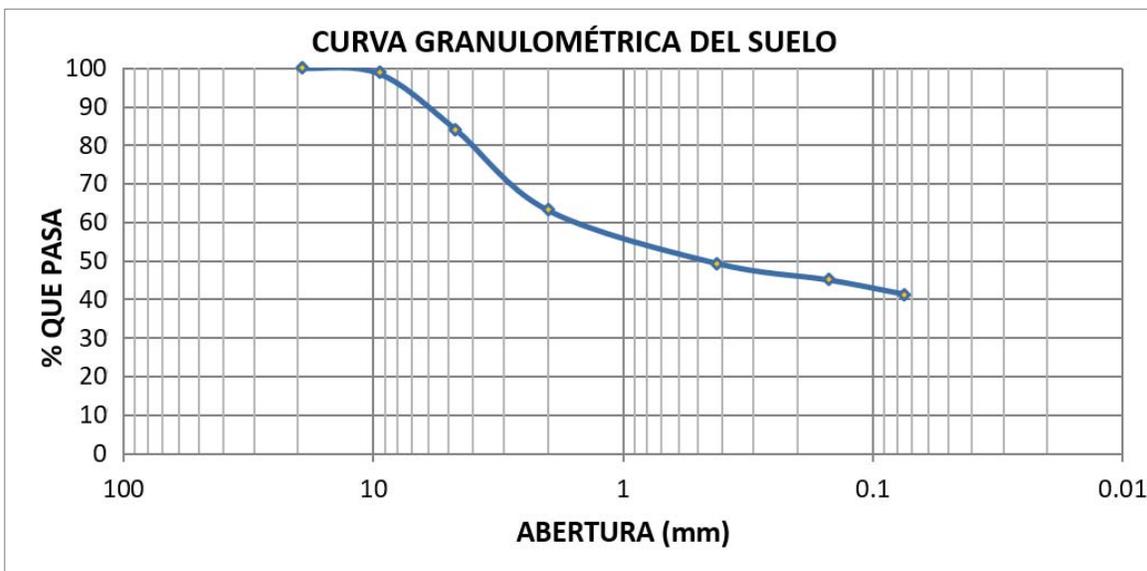


Figura 18. Distribución granulométrica de la muestra de suelo.

D. Límites de consistencia o Atterberg (límite líquido y límite plástico)

Los límites de Atterberg se basan en el concepto de que los suelos de grano fino pueden encontrarse en diferentes estados de consistencia según el contenido de humedad. Así, un suelo se encuentra en estado sólido cuando está seco. Al adicionarle agua poco a poco, va pasando sucesivamente a los estados de semisólido, plástico y finalmente líquido.

El límite líquido (LL): Es la humedad que debe tener el suelo cuando este se encuentra en la transición del estado semilíquido a plástico.

El límite plástico (LP): Es la humedad que debe tener el suelo cuando este se encuentra en la transición del estado semisólido a plástico.

Índice de plasticidad (IP): Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. El índice de plasticidad de un suelo se define numéricamente como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

a. Procedimiento de ensayo

Primero, para el límite líquido se selecciona muestra para secarlo al horno, después si es necesario se disgrega este material. Se debe obtener una muestra de 250 gramos aproximadamente que pasa la malla N°40. Luego en un recipiente se coloca la muestra y se le añade una pequeña cantidad de agua y se mezcla hasta que quede uniforme. Acto seguido, se coloca una porción de la mezcla en la parte central de la cuchara de Casagrande y se enrasa a nivel de esta, luego con la ayuda del

acanalador se divide por la parte central hasta que la mezcla quede separada en dos. La altura de suelo debe ser igual a la altura de la cabeza del calador. Luego se le aplica y se cuenta los golpes para cerrar la ranura. La cantidad de golpes debe estar entre 15-35; se extrae una muestra de la mezcla, se pesa y se lleva al horno para obtener el contenido de humedad. Se procede de igual manera para obtener mínimo tres puntos de muestra, en este caso se obtuvo cuatro puntos, para finalmente obtener el contenido de humedad a los 25 golpes.

Al igual que el límite plástico se utiliza el material seco que pasa el tamiz N° 40, se toma aproximadamente 30 gramos del material y se le adiciona agua hasta obtener una mezcla consistente, donde se puede enrollar sin que se pegue en las manos. Este proceso se hace sobre una placa de vidrio, se mezcla y se esparce hasta que tenga un contenido de agua en la que cumpla con lo que se dijo anteriormente, al obtener la mezcla en su estado plástico, se toma parte de esta, se coloca en una capsula previamente pesada y se lleva al horno para obtener su contenido de humedad. El proceso se repite para tres muestras.



Figura 19. Procedimiento de ensayo para límites de plasticidad del suelo.

b. Cálculo de los límites de plasticidad

Se realizó los ensayos de límites de Atterberg en base a la norma NTP 339.129, 1999. Con la ayuda estos ensayos y el análisis correspondiente se pudo conocer el índice de plasticidad del suelo seleccionado. A continuación, se muestra las gráficas correspondientes al análisis de límites de plasticidad.

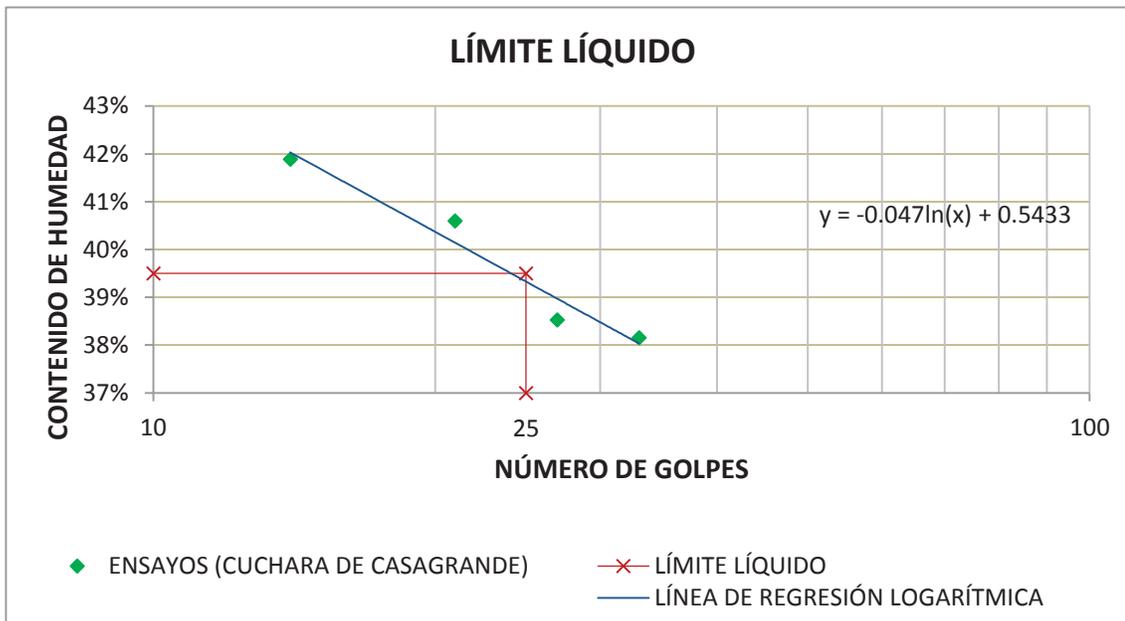


Figura 20. Gráfica para encontrar limite líquido del suelo.

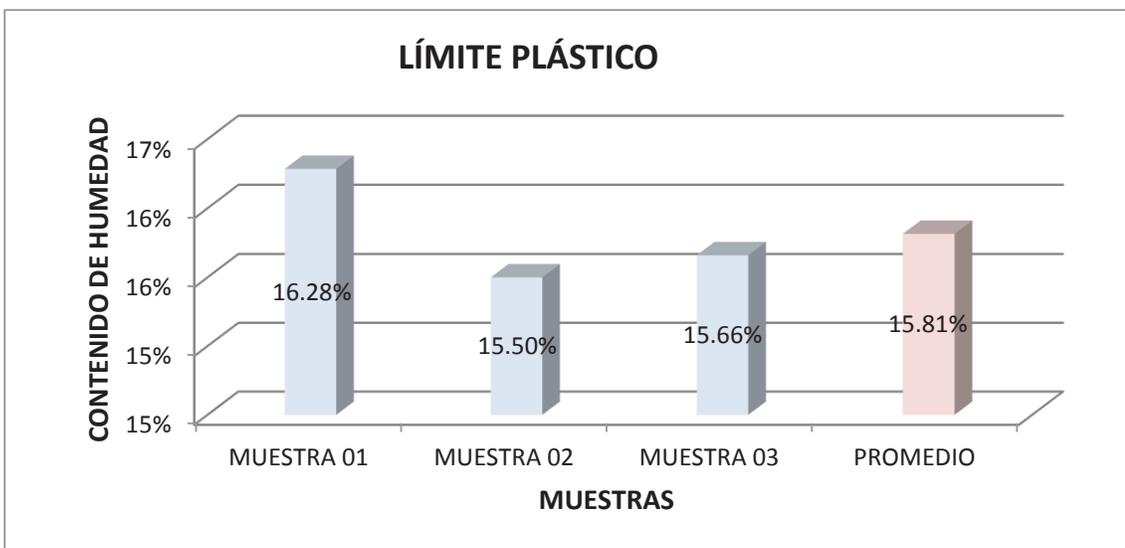


Figura 21. Contenido de humedad del suelo en su límite plástico.

Tabla 10. Resumen de los valores de los límites de plasticidad del suelo seleccionado.

LÍMITES DE ATTERBERG	
LÍMITE LÍQUIDO =	40%
LÍMITE PLÁSTICO =	16%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD =	24%

Fuente: Elaboración Propia



E. Clasificación unificada de suelos (SUCS)

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el cuadro. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos. A continuación, se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y ASTM:

Tabla 11. Correlación de sistemas de clasificación AASHTO Y ASTM

Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación de Suelos ASTM
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

Determinadas las características de los suelos, según los puntos anteriores, se puede proceder a la clasificación de los suelos, con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo. Entonces podemos determinar siguiendo todo el procedimiento según la clasificación SUCS se concluye que nuestro suelo es Arena Arcillosa (SC), correlacionando esta clasificación AASHTO corresponde a A-2.

4.3.5 Preparación de especímenes

Para la elaboración de especímenes se recurre a la Norma E.080 Diseño y Construcción con Tierra Reforzada, la cual recomienda seguir una serie de procedimientos para preparar los especímenes para someterlos a las diferentes pruebas programadas, para la obtención de resultados de las propiedades mecánicas solicitadas para la presente investigación.

4.3.5.1 Unidades de adobe

En la elaboración de los especímenes de las unidades de adobe se siguieron los siguientes pasos:

A. Dimensionamiento de los componentes de la unidad de adobe

Se tomó en cuenta lo indicado en la Norma E.080 en el artículo 18, donde indica que el bloque de adobe rectangular debe tener el largo igual a dos veces su ancho aproximadamente, la altura del bloque debe variar entre 0.08 y 0.12 m. Para facilitar la manipulación de los especímenes, los valores asignados para la presente investigación fueron de 0.25 m de largo, 0.13 m de ancho y 0.09 m de altura; cuyos valores cumplen con lo señalado anteriormente.

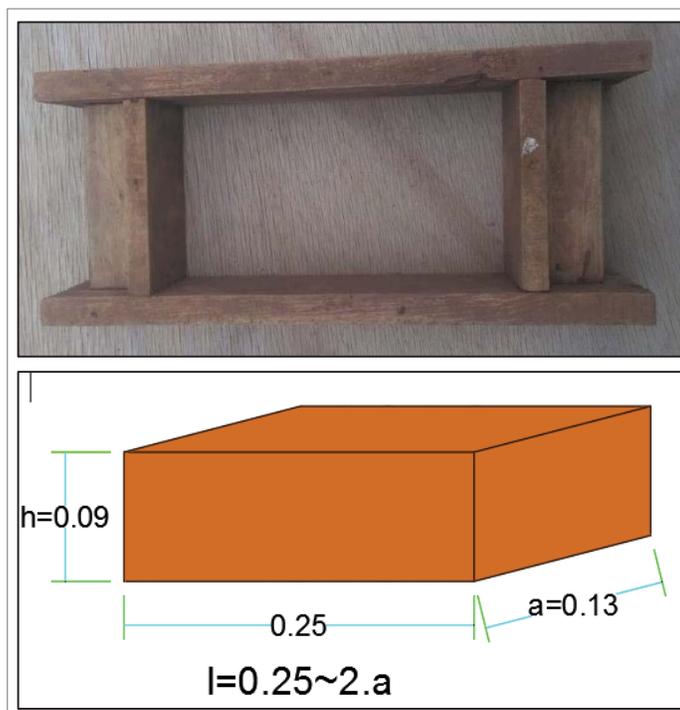


Figura 22. Adobera fabricada con las dimensiones elegidas para la unidad de adobe.

También se tuvo que seleccionar la longitud de las fibras a utilizar, tales como la paja y la fibra de maguey; por lo que se realizó pruebas de trabajabilidad, la longitud elegida en base a esta prueba es de 0.10 m, ya que esta medida ayudó en la manejabilidad para la elaboración de las unidades de adobes, y también por la proporcionalidad de las dimensiones del adobe.



Figura 23. Recorte de fibras a utilizar en la elaboración de adobes.

B. Dosificación de los componentes para la preparación del barro

La dosificación se hizo tomando en cuenta la cantidad de especímenes necesarios para las diferentes pruebas programadas, que se calculó en total 320 unidades de adobe, se distribuyó en 5 tipos de muestra con diferentes porcentajes de fibra de maguey manteniendo como base una mezcla con porcentajes constantes de suelo, paja y agua, los porcentajes están dados por la relación del peso del componente y el peso seco de la tierra. Siguiendo algunas recomendaciones que indican en la Norma E.080, se calculó el peso de la tierra en seco requerido en kilogramos con el peso específico relativo de los suelos y el volumen en metros cúbicos del total de adobes para cada tipo de muestra.; así mismo se calculó la cantidad requerida de paja y/o fibra de maguey para cada caso en porcentajes en relación al peso seco del suelo y este se calculó con la ayuda del contenido de humedad del suelo antes del momento de preparación del barro y se tomó en cuenta la cantidad máxima de agua a utilizarse que según la Norma E.080 señala que se debe usar máximo 20% con respecto al peso seco del suelo. A continuación, se detalla la dosificación en el siguiente cuadro.



Tabla 12. Cantidades en peso para dosificación de componentes de las muestras.

Tipo de Muestra	Peso de suelo en estado natural en kilogramos	Peso seco del suelo en kilogramos (P.S.S.)	Paja		Fibra de Maguey		Agua (20% P.S.S.)
			% P.S.S.	kg	% P.S.S.	kg	kg
Tipo 1	696	585	0.35	2.05	0.00	0.00	117
Tipo 2	574	488	0.20	0.98	0.00	0.00	97.6
Tipo 3	574	488	0.20	0.98	0.05	0.24	97.6
Tipo 4	574	488	0.20	0.98	0.15	0.73	97.6
Tipo 5	574	488	0.20	0.98	0.20	0.98	97.6

Porcentaje de humedad del suelo =18.97 % para Tipo1 y 17.94% para el resto.

Fuente: Elaboración propia.

C. Preparación del barro

Se procede a la preparación del barro teniendo dispuestos los materiales en las dosificaciones ya establecidas. Haciendo el uso de una balanza digital se procedió a pesar la cantidad requerida de suelo para los 5 tipos, se procede a humedecer la tierra, esto se realiza sobre una superficie de plástico para evitar la variación de la humedad drásticamente, la combinación de la mezcla se realiza haciendo uso de una pala para voltear el conjunto de la mezcla y la mayor parte del proceso se hace pisando la mezcla, ya que facilita el manejo de la misma, se combina hasta tener la mezcla uniforme, se esparce la fibra en tres etapas para cada caso, y se continúa combinando todo el conjunto hasta obtener la mezcla uniforme. Después se deja dormir la mezcla de los 5 tipos por 24 horas, se protege la mezcla con plástico, para evitar lo más posible la pérdida de humedad.



Figura 24. Proceso de preparación del barro para elaboración de adobes.

D. Elaboración de unidades de adobe

Transcurridas las 24 horas del dormido de la mezcla de barro, se procede a la elaboración de adobes, haciendo uso de las adoberas para obtener unidades con las dimensiones antes asignadas. Se coloca la adobera sobre una superficie plana y libre de elementos extraños, luego se toma una cantidad de barro y se introduce en la misma, se acondiciona en el molde con la ayuda de las manos, para que quede uniforme, se retira la adobera, se limpia los residuos de esta y se moja. Se repite estas acciones para fabricar cada adobe.



Figura 25. Proceso de elaboración de adobes.

E. Secado de las unidades de adobe

El secado del adobe se hizo sobre tendales de madera y sobre una superficie de suelo antes nivelado, el periodo de secado fue más de 28 días de lo que señala la Norma E.080, este proceso se hizo tomando medidas para la protección contra el sol, las lluvias y vientos, ya que son agentes perjudiciales que degradan la calidad de las unidades de adobe.



Figura 26. Secado del adobe sobre tendales de madera.



Figura 27. Protección de los adobes contra el secado brusco para evitar fisuramiento.

4.3.5.2 Testigos cilíndricos de mortero de barro

A. Preparación de mortero de barro

Se siguió el procedimiento similar a la preparación de barro para unidades de adobe, la diferencia consta en la longitud de la fibra a usarse, el cual debe ser menor. Para este caso se usó una longitud de fibra de 0.05 m; las proporciones de los materiales se mantienen iguales a las usadas para la preparación de barro de las unidades de adobe.



Figura 28. Preparación de mortero de barro para unidades de adobe.

B. Elaboración de testigos cilíndricos

Se fabricó los especímenes tomando moldes de tubo PVC con diámetro interior de 0.05 m y una altura de 0.1 m, se colocó la mezcla de mortero de barro en tres partes y se enrasó la superficie de acabado. Se fabricó 3 probetas por cada tipo de mortero elaborado, en total se elaboraron 15 especímenes.

Se retiró los moldes después de un día. Y se dejó secar los especímenes por 28 días.



Figura 29. Elaboración y secado de testigos cilíndricos de mortero de barro.

C. Probetas de tres piezas de adobe para prueba de adherencia de mortero

Para realizar la prueba de adherencia de mortero se tuvo que preparar especímenes de probetas de tres piezas de adobe ordenadas de tal modo, que el segundo adobe de la pila tenga que sobresalir un tercio del área de contacto con el primer y tercer adobe que deben estar al mismo nivel vertical, las unidades fueron adheridas con mortero de barro con un espesor de 0.015 m. Se dejó secar por un periodo de 28 días.

Se prepararon un total de 15 especímenes, agrupados en tres para abarcar las 5 tipologías de mortero de barro a evaluar.

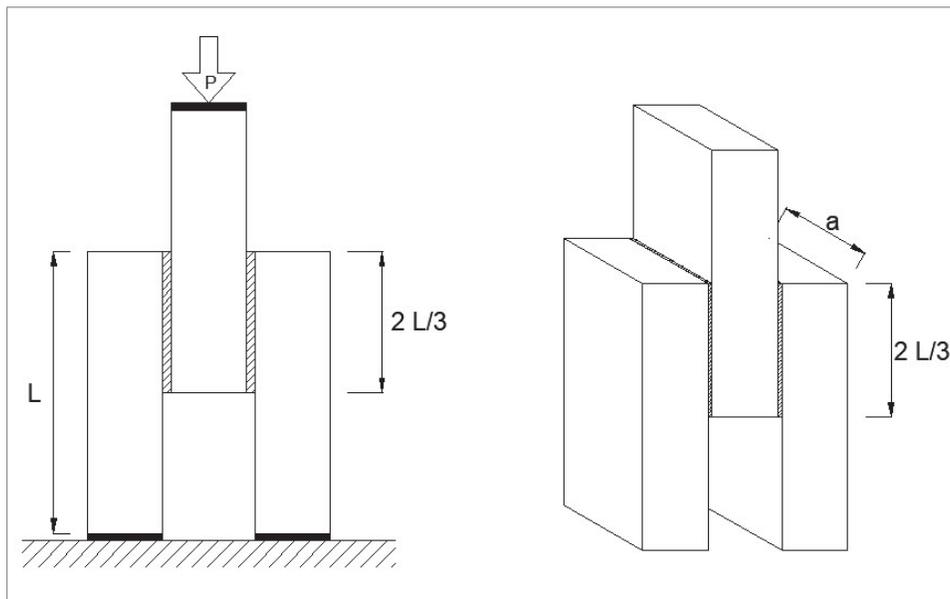


Figura 30. Disposición de probetas de tres piezas según Norma Mexicana NMX-C-082C1974.



Figura 31. Preparación de probetas de tres piezas para prueba de adherencia.

4.3.5.3 Pilas de mampostería de adobe

Para la preparación de los especímenes de pilas de adobe se tomó en cuenta lo especificado en la Norma E.080 en el artículo 8.4, el cual señala la altura debe ser mayor a tres veces la menor dimensión de la base aproximadamente. Para cumplir con lo anterior, se tomó 4 unidades de adobe con un espesor de junta de 0.015 m, con lo cual cumple con lo suscrito por la norma. Se asentaron los adobes haciendo uso del mortero correspondiente para cada grupo, y se dejó secar por 28 días, para el control de la verticalidad y horizontalidad se utilizó nivel de mano y plomada; se aplicó un mortero de yeso y cemento el cual se denomina como capping sobre la superficie superior de las pilas para obtener una superficie plana y uniforme con el fin de la distribución uniforme de la carga aplicada en los ensayos correspondientes, para evitar anomalías en la repartición de esfuerzos.

Se fabricaron en total 15 especímenes, agrupados en tres por cada tipo de adobes; la altura de los especímenes es variable debido a la contracción de las unidades de adobe.



Figura 32. Preparación de pilas de adobe y colocación de capping.

4.3.5.4 Muretes de mampostería de adobe

En la elaboración de los especímenes de muretes de adobe se tomó en cuenta la manipulación de dicho elemento, para el cual se elaboró cada espécimen con las dimensiones de 0.515 m x 0.51 m x 0.13m, cuyo espesor de juntas es de 0.015 m. Se asentaron cada tipo de adobe con el mortero correspondiente al mismo. Al igual que las pilas de adobe se utilizó plomada y nivel de mano para el control de la horizontalidad y la verticalidad; se dejó secar por un periodo de 28 días. También se colocó capping sobre una parte de las superficies en encuentro correspondientes al plano de espesor del murete, para la repartición uniforme de la carga.

Se fabricaron en total 15 especímenes, agrupados en tres por cada tipo de adobes.



Figura 33. Preparación de muretes para cada tipo de muestra y colocación de capping.



4.3.6 Programa de ensayos experimentales

4.3.6.1 Ensayos para determinar las propiedades físico - mecánicas de la unidad de adobe

A. Variación dimensional

a. Procedimiento de ensayo

El ensayo de variación dimensional de las unidades de adobe se realizó en base a la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería y NTP 399.604,1999, UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto. Donde indica que la medición de la longitud, ancho y altura es a través de ambas caras y ambos extremos desde los puntos medios de los bordes que lo limitan. Estas cuatro medidas se registran con una aproximación de 1 mm, el promedio de estas 4 medidas se registrará como longitud, ancho y altura con una aproximación de 0.5 mm.

Para el ensayo se utilizó una regla metálica. Es necesario indicar que previamente se seleccionó de manera aleatoria muestras de unidades de adobe de la siguiente manera:

Tabla 13. Muestras de adobe por tipo para ensayo de variación dimensional.

Adobes según Tipo y % de Fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
Tipo 1	0.35	0.00	04
Tipo 2	0.20	0.00	04
Tipo 3	0.20	0.05	04
Tipo 4	0.20	0.15	04
Tipo 5	0.20	0.20	04

Fuente: Elaboración Propia

Cabe indicar que las dimensiones nominales (longitud x ancho x altura) de las unidades de adobe son 25 x 13 x 9 cm.

DESCRIPCION DEL ENSAYO – VARIACION DIMENSIONAL

Selección aleatoria de unidades de adobe.



La medición de la longitud, ancho y altura es a través de ambas caras y ambos extremos desde los puntos medios de los bordes que lo limitan.



b. Cálculo de variación dimensional

La variación dimensional de las unidades de adobe se obtiene de la división de “la diferencia de la dimensión nominal con la dimensión promedio” y “la dimensión nominal” expresada en porcentaje.

$$\%V = \frac{(DN - DP)}{DN} \times 100$$



Dónde:

% V: Variación dimensional.

DN: Dimensión nominal.

DP: Dimensión promedio.

B. Absorción

a. Procedimiento de ensayo

Para el ensayo se seleccionó de manera aleatoria muestras de unidades de adobe de la siguiente manera:

Tabla 14. Muestras de adobe por tipo para ensayo de absorción.

Adobes según Tipo y % de Fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
Tipo 1	0.35	0.00	03
Tipo 2	0.20	0.00	03
Tipo 3	0.20	0.05	03
Tipo 4	0.20	0.15	03
Tipo 5	0.20	0.20	03

Fuente: Elaboración Propia

Se realiza el ensayo de absorción con el fin de entender y comparar el comportamiento de las unidades de adobe ante la exposición de agua. Dicho ensayo se basa en la Norma y NTP 399.604,1999, UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Métodos de muestreo y ensayo de albañilería de concreto.

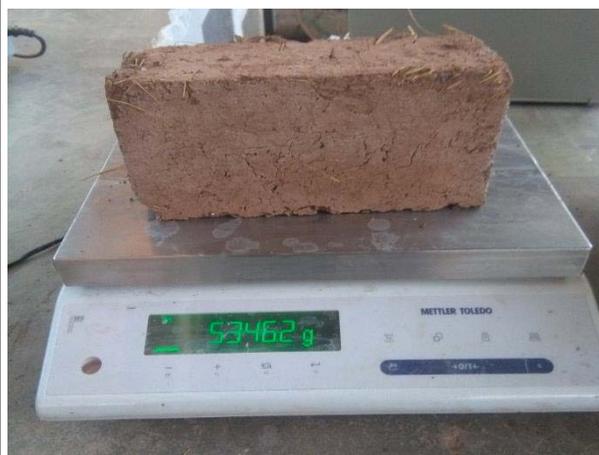
Se colocó las unidades de adobe en el horno durante 24 horas, luego se sumergieron dentro de recipientes con agua. Se observó que todas las unidades de adobe al estar sumergidas en un periodo menor de 30 min se desintegraron.

DESCRIPCION DEL ENSAYO – ABSORCION

Colocación de las unidades de adobe al horno durante 24 horas, a una temperatura de 110 °C, previamente se realiza la selección aleatoria de los adobes.



Registro del peso (kg) de las unidades de adobe después de haberlos sacado del horno.



Se sumergió las unidades de adobe en un recipiente con agua.





b. Cálculo de la absorción

La absorción de las unidades de adobe se obtendrá de la división del peso del agua absorbida y el peso seco del espécimen expresado en porcentaje.

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

Donde:

W_d = Peso seco del espécimen.

W_s = Peso del espécimen saturado, después de la inmersión en agua durante 24 horas.

Finalmente se calcula el promedio de la absorción de todos los especímenes ensayados, con aproximación a 0.1%.

C. Resistencia a compresión

a. Montaje e instrumentación

Los ensayos se realizaron en la maquina universal INSTROM de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC. El cual nos proporciona como resultados la carga aplicada vs desplazamiento vertical. Los ensayos se realizaron con una velocidad constante de 0.25 mm/min.

Se ensayaron un total de 15 unidades de adobe, seleccionados de forma aleatoria y de la siguiente manera:

Tabla 15. Muestras de adobe por tipo para ensayo de resistencia a compresión simple.

Adobes según Tipo y % de Fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
Tipo 1	0.35	0.00	03
Tipo 2	0.20	0.00	03
Tipo 3	0.20	0.05	03
Tipo 4	0.20	0.15	03
Tipo 5	0.20	0.20	03

Fuente: Elaboración Propia

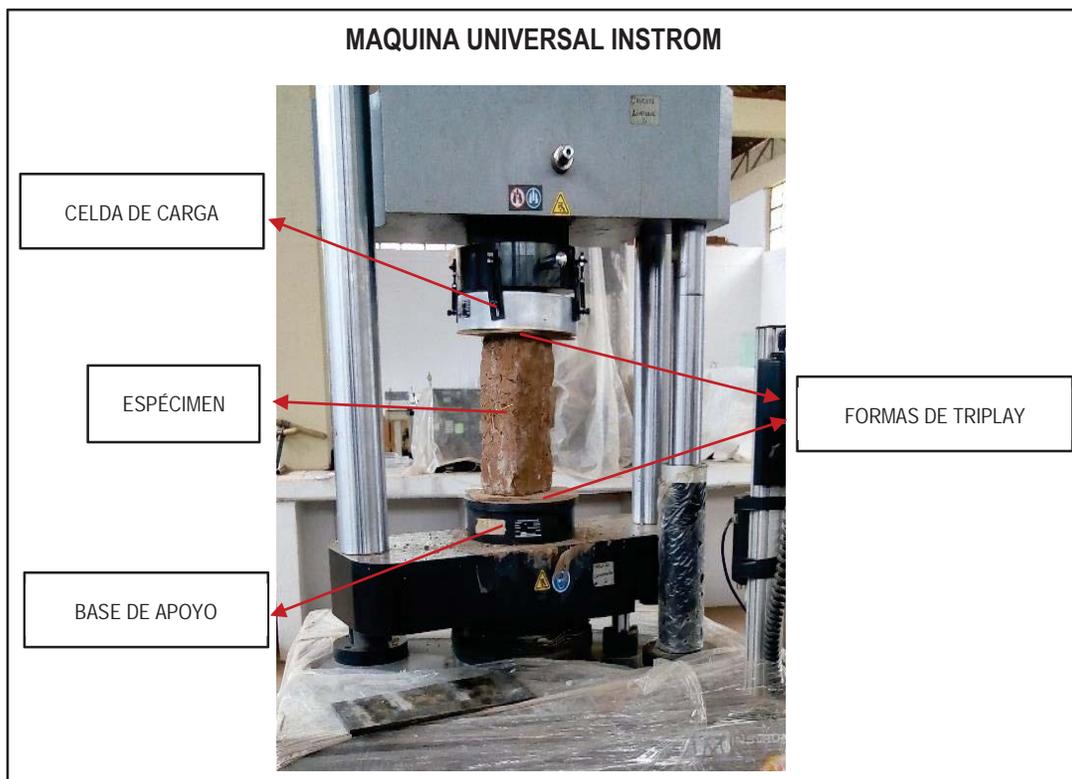


Figura 34. Instrumentación de unidades de adobe para prueba de compresión simple.

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión se realizó en base a la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

- Se identificó y registró las dimensiones (longitud, ancho y altura) de las unidades de adobe.
- Se ubicó las unidades de adobe sobre la base de apoyo de forma centrada y de forma vertical con esbeltez aproximada $(25/9)$ de 2.78.
- Se colocaron formas de triplay sobre la cara superior del adobe con el fin uniformizar la carga sobre toda la superficie en contacto con la celda de carga.
- Se aplicó la carga de compresión de manera perpendicular hasta el momento de falla de la unidad de adobe.

DESCRIPCION DEL ENSAYO – RESISTENCIA A COMPRESION DE UNIDADES DE ADOBE

Colocación de las unidades de adobe sobre la base de apoyo de forma centrada.



Colocación de formas de triplay sobre la cara superior e inferior del adobe. Para luego aplicar carga.



c. Cálculo de la resistencia a compresión

La resistencia a compresión de las unidades de adobe se obtendrá de la división entre la carga máxima en el momento de falla y el área transversal del espécimen.

$$f_0 = \frac{P_{\max}}{A}$$



Donde:

f_o : Resistencia a compresión (kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima aplicada en el momento de falla del adobe (kg).

A : Área transversal (cm²).

Al finalizar los ensayos se procederá a obtener la resistencia a compresión para las unidades de adobe (f_o), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión de la unidad de adobe característica ($f'o$) es igual a ($f_o - \sigma$).

D. Resistencia a tracción

a. Montaje e instrumentación

Los ensayos se realizaron en la maquina universal INSTROM de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC. El cual nos proporciona como resultados la carga aplicada vs desplazamiento vertical. Los ensayos se realizaron con una velocidad constante de 0.15 mm/min.

Se ensayaron un total de 15 unidades de adobe enteros (25 x 13 x 9 cm) seleccionados de forma aleatoria y de la siguiente manera:

Tabla 16. Muestras de adobe por tipo para ensayo de resistencia a tracción indirecta.

Adobes según Tipo y % de Fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
Tipo 1	0.35	0.00	03
Tipo 2	0.20	0.00	03
Tipo 3	0.20	0.05	03
Tipo 4	0.20	0.15	03
Tipo 5	0.20	0.20	03

Fuente: Elaboración Propia

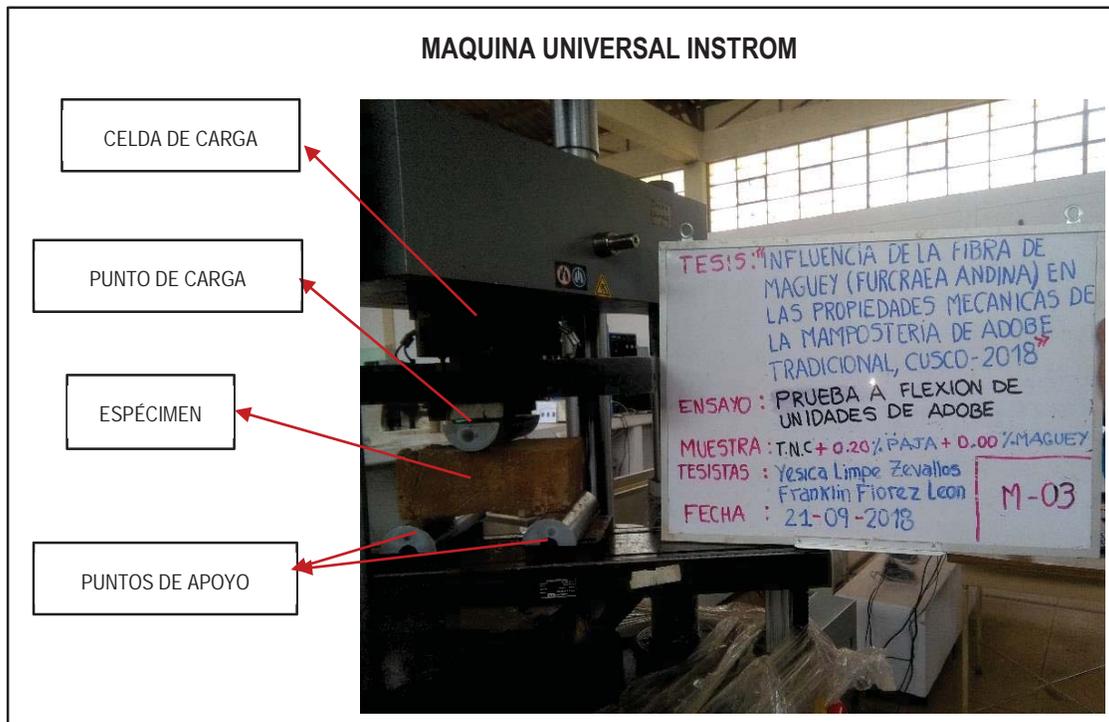


Figura 35. Instrumentación de unidades de adobe para prueba de tracción indirecta.

b. Procedimiento de ensayo

La resistencia a tracción de las unidades de adobe se realizará mediante el ensayo de flexión en tres puntos también conocida como módulo de rotura, este ensayo de tracción indirecta se realiza en base a la Norma ASTM C – 67. Norma de métodos de prueba de ensayo y prueba de ladrillos de arcilla estructurales.

- Previamente se realizó el registro de las dimensiones (longitud, ancho y altura) e identificó de las unidades de adobe.
- Se ubicó las unidades de adobe sobre los dos puntos de apoyo de forma centrada, de tal manera que la longitud entre los apoyos de la base sea de 21.50 cm y equidistante a los extremos.
- Se aplicó la carga de compresión de manera perpendicular hasta el momento de falla de la unidad de adobe.

DESCRIPCION DEL ENSAYO DE FLEXIÓN EN TRES PUNTOS

Colocación de las unidades de adobe sobre los puntos de apoyo de forma centrada.

La distancia entre apoyos es de 21.50 cm, y equidistante a los extremos del adobe, finalmente se aplica la carga.



c. Cálculo de la resistencia a tracción

La resistencia a tracción de las unidades de adobe se obtendrá de la siguiente manera:

$$f_t = \frac{1.5 (P_{max} \cdot L)}{bB^2}$$

Donde:

f_t : Resistencia a tracción (kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima aplicada en el momento de falla del adobe (kg).

L : Longitud entre apoyos (cm).

b : Ancho del espécimen (cm²).

B : Altura o esbeltez del espécimen (cm²).



Al finalizar los ensayos se procederá a obtener la resistencia a tracción para las unidades de adobe (f_t), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a tracción de la unidad de adobe característica (f'_t) es igual a ($f_t - \sigma$).

4.3.6.2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas del mortero de barro

A. Resistencia del mortero a compresión

a. Montaje e instrumentación

Los ensayos se realizaron en la maquina universal INSTROM de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC. El cual nos proporciona como resultados la carga aplicada vs desplazamiento vertical. Los ensayos se realizaron con una velocidad constante de 0.25 mm/min.

Se ensayaron un total de 15 unidades de cilindros de mortero de barro de 0.10 x 0.05 m (altura x diámetro) de la siguiente manera:

Tabla 17. Muestras de adobe por tipo para ensayo de compresión de testigos de mortero de barro.

Testigos Cilíndricos de Mortero de Barro Según Tipo y % de Fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
TIPO 1	0.35	0.00	03
TIPO 2	0.20	0.00	03
TIPO 3	0.20	0.05	03
TIPO 4	0.20	0.15	03
TIPO 5	0.20	0.20	03

Fuente: Elaboración Propia



Figura 36. Instrumentación en ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro.

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión se realizó en base a la Norma NTP 399.613,1999. UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería.

- Se identificó de las unidades de cilindro de mortero de barro.
- Se ubicó los especímenes sobre la base de apoyo de forma centrada y de forma vertical con esbeltez (0.10/0.05) de 2.
- Se colocaron formas de triplay sobre la cara superior del cilindro de barro con el fin uniformizar la carga sobre toda la superficie en contacto con la celda de carga.
- Se aplicó la carga de compresión de manera perpendicular hasta el momento de falla de la unidad de cilindro de mortero de barro.

DESCRIPCION DEL ENSAYO – RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE MORTERO DE BARRO	
Colocación de los testigos cilíndrico de mortero de barro sobre la base de apoyo de forma centrada.	
Colocación de formas de triplay sobre la cara superior e inferior del testigo cilíndrico de mortero de barro, finalmente se aplica la carga.	

c. Cálculo de la resistencia del mortero a compresión

La resistencia a compresión de las unidades de adobe se obtendrá de la división entre la carga máxima en el momento de falla y el área transversal del espécimen.

$$f_{o_{mor}} = \frac{P_{max}}{A}$$

Donde:

$f_{o_{mor}}$: Resistencia a compresión (Kg/cm²).

P_{max} : Carga máxima aplicada en el momento de falla del cilindro de mortero de barro (kg).

A : Área transversal (cm²).



Al finalizar los ensayos se procederá a obtener la resistencia a compresión para las unidades de cilindro de mortero de barro (f_{o_mor}), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión del cilindro de mortero de barro característica (f'_{o_mor}) es igual a ($f_{o_mor} - \sigma$).

B. Ensayo de adherencia del mortero

a. Montaje e instrumentación

Los ensayos se realizaron en la maquina universal INSTROM de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC. El cual nos proporciona como resultados la carga aplicada. Los ensayos se realizaron con una velocidad constante de 0.25 mm/min.

Se ensayaron un total de 15 unidades de probetas de adherencia (probeta de tres piezas) de la siguiente manera:

Tabla 18. Muestras de adobe por tipo para ensayo de resistencia a la prueba de adherencia de mortero

Probetas de tres piezas de adobe para Prueba de Adherencia de mortero de barro según tipo y % de fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
Tipo 1	0.35	0.00	03
Tipo 2	0.20	0.00	03
Tipo 3	0.20	0.05	03
Tipo 4	0.20	0.15	03
Tipo 5	0.20	0.20	03

Fuente: Elaboración Propia



Figura 37. Instrumentación de probetas de tres piezas de adobe para prueba de adherencia.

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión en probetas de tres piezas se realizó en base a la Norma Mexicana NMX-C-082C1974. “Determinación del esfuerzo de adherencia de los ladrillos cerámicos y el mortero de las juntas” (NMX-C-082-1974).

- Se identificó las probetas de tres piezas.
- Se ubicó los especímenes sobre la base de apoyo de forma centrada y de forma vertical, de manera que las unidades de adobe que conforman el espécimen estén paradas.
- Se colocó formas de triplay sobre la cara superior del espécimen con el fin uniformizar la carga sobre toda la superficie en contacto con la celda de carga.
- Se aplicó la carga de compresión sobre la pieza central de manera perpendicular hasta el momento de falla de la del mortero de barro.

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN EN PROBETAS DE TRES PIEZAS	
Colocación de las probetas de tres piezas de forma centrada	
Colocación de una forma de triplay sobre la cara superior y una placa metálica en la base de apoyo, luego se procedió a aplicar carga.	

c. Cálculo del esfuerzo de adherencia del mortero

El esfuerzo de adherencia del mortero se obtendrá de la relación de la carga máxima (P_{max}) en el momento de despegue de las piezas y el área de aplicación de carga (S).

$$f_{o_A} = \frac{P_{max}}{S}$$

De la figura 30:

$$S = 2 \times \frac{2L}{3} \times a$$



Por lo tanto, el cálculo del esfuerzo de adherencia se obtendrá de la siguiente manera:

$$f_{o_A} = \frac{3P_{\max}}{4aL}$$

Donde:

f_{o_A} : Esfuerzo de adherencia del mortero (kg/cm²).

P_{\max} : Carga máxima aplicada que logra despegar los adobes (kg).

L : Largo del adobe (cm²).

a : Ancho del adobe (cm²).

Al finalizar los ensayos se procederá a obtener el esfuerzo de adherencia del mortero de barro (f_{o_A}), luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ).

4.3.6.3 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe

A. Resistencia de la mampostería de adobe a compresión (ensayo de compresión axial en pilas)

Para determinar la resistencia a compresión de la mampostería de adobe se realizó el ensayo de compresión axial en pilas.

a. Montaje e instrumentación

Los ensayos de compresión axial en pilas se realizaron en la maquina universal INSTROM de la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC. El cual nos proporciona como resultados la carga aplicada vs desplazamiento vertical. Los ensayos se realizaron con una velocidad constante de 0.25 mm/min.

El total de pilas ensayadas fueron instrumentadas mediante dos diales digitales con el fin de registrar las deformaciones verticales.

Se ensayaron un total de 15 unidades de pila de adobe:

Tabla 19. Muestras de pilas por tipo para ensayo de compresión axial.

Pilas de Adobe según Tipo y % de Fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
Tipo 1	0.35	0.00	03
Tipo 2	0.20	0.00	03
Tipo 3	0.20	0.05	03
Tipo 4	0.20	0.15	03
Tipo 5	0.20	0.20	03

Fuente: Elaboración Propia

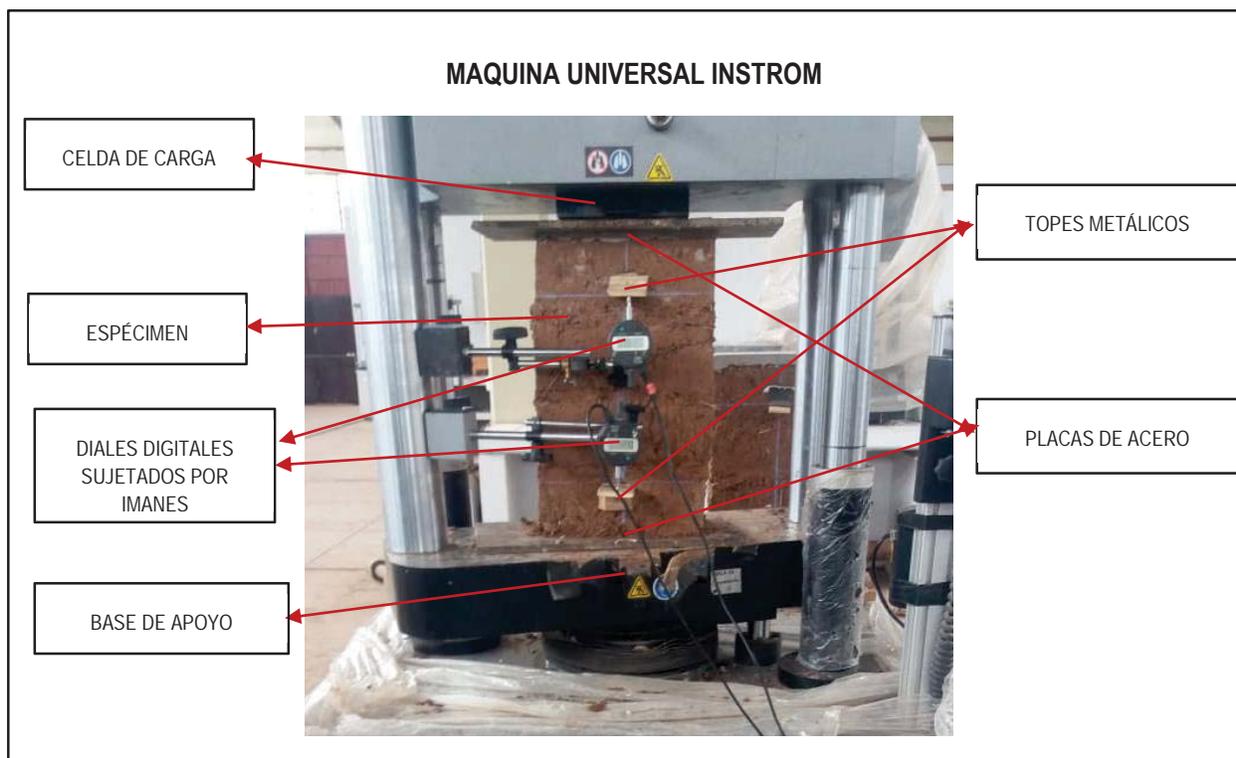


Figura 38. Instrumentación de pilas de adobe para ensayo de compresión axial.



b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión axial en pilas de mampostería de adobe se realizó en base a la Norma NTP 399.605,2009. Unidades de albañilería. Método de ensayo para la determinación de la resistencia en compresión de prismas de albañilería.

- Se realizó el registro de las dimensiones (longitud, ancho y altura) e identificación de las pilas.
- Se colocaron topes metálicos y de madera en el eje vertical del espécimen, de manera que la distancia de tope a tope sea de 25 cm y equidistante de los extremos de la pila.
- Se ubicó las pilas sobre la base de apoyo de forma centrada y de forma vertical.
- Se colocó una placa de acero sobre la cara superior de la pila con el fin uniformizar la carga sobre toda la superficie en contacto con la celda de carga y una placa de acero en la base de asiento garantizando así un asiento perfectamente plano.
- Se colocaron los diales digitales de tal forma que estas entren en contacto con los topes y puedan mostrar lecturas de las deformaciones. Se logró colocar los diales de forma estática gracias a brazos e imanes que se pegaron a la maquina universal.
- Se aplicó la carga de compresión de manera perpendicular hasta el momento de falla de la pila.

DESCRIPCION DEL ENSAYO DE COMPRESION AXIAL EN PILAS	
Colocación de topes en el eje vertical del espécimen, de manera que la distancia de tope a tope sea de 25 cm y equidistante de los extremos de la pila.	
Colocación de pilas sobre la base de apoyo de forma centrada, además de la colocación de placas metálicas.	
Instrumentación con diales digitales para medir la deformación vertical. Finalmente se aplica la carga.	

c. Calculo de la resistencia a compresión axial en pilas.

El valor de la resistencia a la compresión axial de una pila (f_m) se calcula dividiendo la carga máxima en el momento de falla (P_{max}) entre el área transversal de la pila (A).

$$f_m = \frac{P_{max}}{A}$$



Donde:

f_m : Resistencia a compresión axial (kg/cm^2).

P_{\max} : Carga máxima aplicada que resiste la pila (kg).

A : Área transversal (cm^2).

Al finalizar los ensayos se procederá a obtener la resistencia a compresión axial (f_m) de las pilas, luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ). La resistencia a compresión axial característica de la pila (f'_m) es igual a ($f_m - \sigma$).

d. Cálculo del módulo de elasticidad

Según San Bartolomé, Quiun & Silva (2014).

Para obtener el módulo de elasticidad de la mampostería de adobe, se realizó la instrumentación de las pilas con dos diales digitales ubicados en la parte central de la pila y de manera equidistante de los extremos.

Para calcular el módulo de elasticidad (E_m) se trabaja con la parte más lineal o elástica de la gráfica carga (P) vs deformación (D), que está comprendida entre el 15% y 50% de la carga rotura.

El módulo de elasticidad se obtendrá de la división del incremento del esfuerzo axial sobre la deformación unitaria.

Esfuerzo Axial:
$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{A}$$

Deformación unitaria asociada a la carga (P):
$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta D}{L}$$

Por lo tanto, el Módulo de Elasticidad será:
$$E_m = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon}$$

Donde:

$\Delta\sigma$ = Esfuerzo axial en el tramo elástico (kg/cm^2).

ΔP = Variación de fuerza en el tramo elástico (kg).

A = Área bruta (cm^2).

$\Delta\varepsilon$ = Deformación unitaria.

ΔD = Variación de desplazamiento en el tramo elástico (cm).

L = Longitud entre topes que se encuentran en contacto con los diales digitales (cm).

E_m = Módulo de elasticidad (kg/cm^2).



B. Resistencia de la mampostería de adobe a la tracción indirecta (ensayo de compresión diagonal de muretes)

a. Montaje e instrumentación

Los ensayos de compresión diagonal de muretes se realizaron en la escuela profesional de Ingeniería Civil UNSAAC. La máquina de ensayo comprende de un marco metálico, brazo para aplicar la carga sobre el murete, una gata invertida y escuadras metálicas en la base del marco.

Se adicionó una celda de carga de capacidad de 20 Tn, por debajo de la gata hidráulica con el fin de obtener mejores valores ya que el marco cuenta con un dial de carga con unidad de lectura de 1 Tn.

El total de muretes ensayados fueron instrumentados mediante cuatro diales digitales, los cuales están sujetos por un marco metálico, con el fin de registrar las deformaciones verticales y horizontales.

Se ensayaron un total de 15 unidades de murete de adobe:

Tabla 20. Muestras de muretes por tipo para ensayo de compresión diagonal.

Muretes de Adobe Según Tipo y % de Fibra	% de Paja	% de Maguey	Cantidad de Muestras
Tipo 1	0.35	0.00	03
Tipo 2	0.20	0.00	03
Tipo 3	0.20	0.05	03
Tipo 4	0.20	0.15	03
Tipo 5	0.20	0.20	03

Fuente: Elaboración Propia

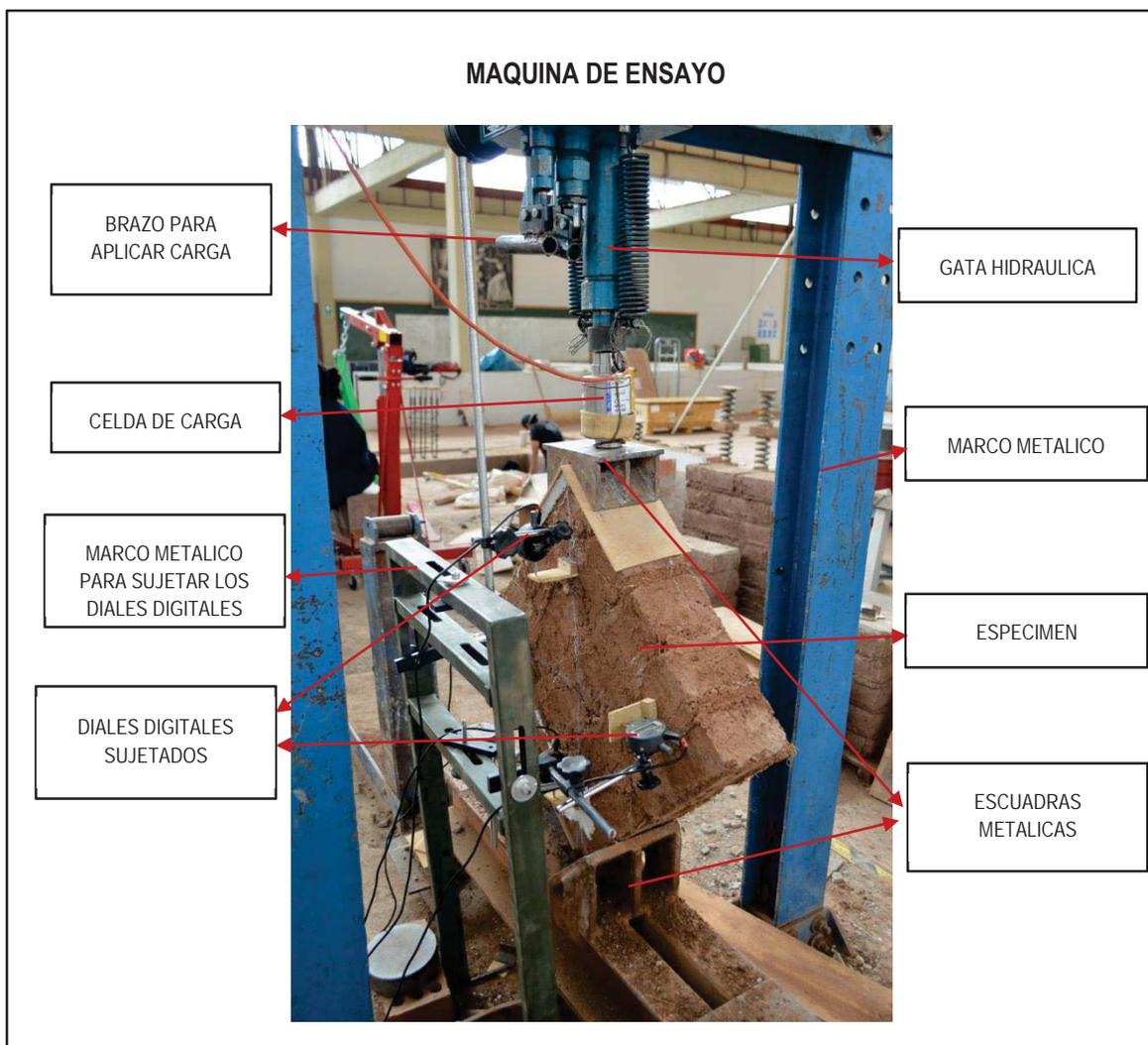


Figura 39. Instrumentación en ensayo de compresión diagonal de muretes de adobe.

b. Procedimiento de ensayo

El ensayo de compresión diagonal en muretes de mampostería de adobe se realizó según la NTP 399.621 UNIDADES DE ALBAÑILERIA. Método de ensayo de compresión diagonal en muretes de albañilería.

- **Colocación de las escuadras de carga:** Se colocaron las escuadras metálicas de carga superior e inferior de manera que estas estén centradas verticalmente con las superficies de carga de la máquina de ensayo.
- **Colocación del espécimen:** Se colocó el murete en una posición centrada y a plomo sobre la escuadra inferior del equipo de ensayo.
- **Instrumentación:** Se colocaron topes metálicos o de madera en los ejes diagonales del murete, de tal manera que la distancia de tope a tope sea de 40 cm. Se acoplaron 04 diales digitales de tal manera que estas entren en contacto con los topes.
Además, se adicionó una celda de carga sobre la escuadra superior con el fin de obtener mejores resultados de la carga.
- **Aplicación de la carga:** La carga se aplicó de manera constante hasta el momento de rotura del murete. Las deformaciones y la carga fueron registrados digitalmente mediante cables conectados a una computadora.

DESCRIPCION DEL ENSAYO DE COMPRESION DIAGONAL DE MURETES	
Colocación de topes metálicos en los ejes diagonales del murete, de tal manera que la distancia de tope a tope sea de 40 cm y equidistante a las esquinas.	

Colocación de murete en una posición centrada y a plomo sobre la escuadra inferior del equipo de ensayo.



Instrumentación con diales digitales y una celda de carga



Se aplicó carga de manera constante hasta el momento de falla.





c. Cálculo de la resistencia a compresión diagonal en muretes

La resistencia de la mampostería de adobe a tracción indirecta medida con el ensayo de compresión diagonal de muretes se obtiene dividiendo la carga máxima o carga de rotura entre el área neta del espécimen.

El cálculo del esfuerzo de corte de muretes se encuentra establecido en la norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada, y se realiza mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

V_m : Resistencia al corte (Kg/cm^2).

P_{\max} : Carga máxima o carga de rotura (Kg).

a : Lado del murete (cm).

e_m : Espesor del murete (cm).

Al finalizar los ensayos se procederá a obtener el esfuerzo de corte (V_m) de los muretes, luego el promedio de estas y la desviación estándar (σ).

d. Cálculo del módulo de corte

Según San Bartolomé, Quiun & Silva (2014).

Para obtener el módulo de corte de la mampostería de adobe, se realizó la instrumentación de los muretes con cuatro diales digitales ubicados en los ejes diagonal del murete y de manera equidistante de las esquinas.

Para calcular el módulo de corte (G_m) se trabaja con la parte más lineal o elástica de la gráfica carga (P) vs deformación (D), que está comprendida entre el 15% y 50% de la carga rotura.

El módulo de corte se obtendrá de la división del incremento del esfuerzo de corte entre la deformación angular.

Variación de carga en la zona lineal: $\Delta P = P(50\%) - P(15\%)$

Esfuerzo cortante: $\Delta V_m = \frac{\Delta P}{A} = \frac{\Delta P}{2ae_m}$

Variación de desplazamiento en la zona lineal: $\Delta D = D(50\%) - D(15\%)$



Deformación unitaria asociada a ΔP de los diales:

$$\Delta\varepsilon = \frac{\Delta D}{L}$$

Deformación angular (Y):

$$Y = \varepsilon_V + \varepsilon_H$$

Por lo tanto, el módulo de corte (G_m), se obtendrá con la siguiente expresión:

$$G_m = \frac{\Delta V_m}{Y}$$

Donde:

P (15%): Carga aplicada al 15% de la carga máxima al momento de rotura (kg).

P (50%): Carga aplicada al 50% de la carga máxima al momento de rotura (kg).

D (15%): Desplazamiento que corresponde al 15% de la carga máxima al momento rotura (mm).

D (50%): Desplazamiento que corresponde al 50% de la carga máxima al momento rotura (mm).

L : Distancia entre los diales (cm).

a : Lado del murete (cm).

e_m : Espesor del murete (cm).

ε_V : Deformación unitaria vertical (mm/mm).

ε_H : Deformación unitaria horizontal (mm/mm).



CAPITULO V: SISTEMATIZACION DE DATOS Y OBTENCION DE RESULTADOS

5.1 UNIDAD DE ADOBE

5.1.1 Variación dimensional

Se muestran los resultados obtenidos de las mediciones realizadas.

Tabla 21. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 1.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)					
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	
1	23.7	23.8	24.2	24.0	23.93	12.6	12.7	12.6	12.7	12.65	9.2	9.1	8.8	8.6	8.93	
2	24.4	24.6	24.3	24.4	24.43	13.1	12.8	12.5	12.6	12.75	8.9	9.1	9.1	9.0	9.03	
3	23.9	24.4	24.2	24.1	24.15	12.6	12.5	12.8	12.6	12.63	9.5	9.0	8.9	8.6	9.00	
4	24.4	24.6	24.7	24.5	24.55	12.8	12.6	12.5	12.7	12.65	9.0	8.9	8.8	9.0	8.93	
DIM. PROMEDIO					24.26						12.67					
DIM. NOMINAL					25.00						13.00					
VAR. DIMENSIONAL					2.95%						2.55%					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 22. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 1.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	23.93	12.65	8.93	2703.24
2	24.43	12.75	9.03	2812.69
3	24.15	12.63	9.00	2745.13
4	24.55	12.65	8.93	2773.28
VOLUMEN PROMEDIO				2758.58
VOLUMEN NOMINAL				2925.00
VAR. VOLUMETRICA				5.69%

Fuente: Elaboración Propia

La variación dimensional de las unidades de adobe con 0.35% de paja, obtenida al realizar las mediciones es de 2.95% en longitud, 2.55% en ancho y 0.35% en la altura y la variación volumétrica es de 5.69%.



Tabla 23. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 2.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)						
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.		
1	24.2	24.0	24.4	24.1	24.18	12.5	12.7	12.5	13.0	12.68	9.0	8.9	9.0	9.0	8.98		
2	24.3	24.4	24.3	24.0	24.25	12.8	12.5	12.5	12.4	12.55	8.9	9.1	8.9	9.0	8.98		
3	24.2	24.2	24.0	24.3	24.18	12.4	12.3	13.0	12.6	12.58	8.9	9.0	8.8	8.9	8.90		
4	24.3	24.4	24.5	24.4	24.40	14.5	12.6	12.4	12.7	13.05	8.9	9.0	8.8	9.0	8.93		
DIM. PROMEDIO					24.25						12.71						8.94
DIM. NOMINAL					25.00						13.00						9.00
VAR. DIMENSIONAL					3.00%						2.21%						0.62%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 2.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	24.18	12.68	8.98	2753.29
2	24.25	12.55	8.98	2732.95
3	24.18	12.58	8.90	2707.24
4	24.40	13.05	8.93	2843.49
VOLUMEN PROMEDIO				2759.24
VOLUMEN NOMINAL				2925.00
VAR. VOLUMETRICA				5.67%

Fuente: Elaboración Propia

La variación dimensional de las unidades de adobe con 0.20% de paja, obtenida al realizar las mediciones es de 3.00% en longitud, 2.21% en ancho y 0.62% en la altura y la variación volumétrica es de 5.67%.

Tabla 25. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 3.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)						
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.		
1	23.9	24.0	24.2	24.5	24.15	12.6	12.5	13.1	13.0	12.80	9.0	9.0	8.9	9.0	8.98		
2	24.3	24.4	24.5	24.1	24.33	12.8	12.9	12.4	12.6	12.68	9.0	8.8	9.1	9.2	9.03		
3	24.1	24.4	24.6	24.5	24.40	12.6	12.5	13.0	12.9	12.75	8.9	8.9	9.1	8.9	8.95		
4	24.6	24.5	24.5	24.8	24.60	12.7	12.8	12.6	12.8	12.73	8.8	8.9	8.8	9.0	8.88		
DIM. PROMEDIO					24.37						12.74						8.96
DIM. NOMINAL					25.00						13.00						9.00
VAR. DIMENSIONAL					2.53%						2.02%						0.49%

Fuente: Elaboración Propia



Tabla 26. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 3.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	24.15	12.80	8.98	2775.90
2	24.33	12.68	9.03	2785.79
3	24.40	12.75	8.95	2784.35
4	24.60	12.73	8.88	2780.84
VOLUMEN PROMEDIO				2781.72
VOLUMEN NOMINAL				2925.00
VAR. VOLUMETRICA				4.90%

Fuente: Elaboración Propia

La variación dimensional de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, obtenida al realizar las mediciones es de 2.53% en longitud, 2.02% en ancho y 0.49% en la altura y la variación volumétrica es de 4.90%.

Tabla 27. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 4.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)				
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.
1	24.2	24.1	24.3	24.5	24.28	12.6	12.5	12.7	12.8	12.65	8.8	8.9	9.0	9.0	8.93
2	24.4	24.5	24.2	24.4	24.38	12.7	12.8	12.4	12.6	12.63	8.9	9.1	9.0	9.0	9.00
3	24.4	24.4	24.1	24.5	24.35	12.8	12.6	12.7	12.9	12.75	9.1	9.1	8.8	8.9	8.98
4	24.4	24.3	24.5	24.4	24.40	12.7	12.8	12.6	12.7	12.70	8.9	8.8	9.0	8.9	8.90
DIM. PROMEDIO					24.35	12.68					8.95				
DIM. NOMINAL					25.00	13.00					9.00				
VAR. DIMENSIONAL					2.60%	2.45%					0.56%				

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 28. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 4.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	24.28	12.65	8.93	2800.45
2	24.38	12.63	9.00	2766.96
3	24.35	12.75	8.98	2838.13
4	24.40	12.70	8.90	2757.93
VOLUMEN PROMEDIO				2790.87
VOLUMEN NOMINAL				2925.00
VAR. VOLUMETRICA				4.59%

Fuente: Elaboración Propia



La variación dimensional de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, obtenida al realizar las mediciones es de 2.60% en longitud, 2.45% en ancho y 0.56% en la altura y la variación volumétrica es de 4.59%.

Tabla 29. Ensayo de variación dimensional del adobe de la muestra Tipo 5.

MUESTRA	LONGITUD (cm)					ANCHO (cm)					ALTURA (cm)					
	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	MED. 1	MED. 2	MED. 3	MED. 4	PROM.	
1	24.1	24.2	24.9	24.3	24.38	12.5	12.6	12.9	12.8	12.70	9.0	9.1	8.9	8.9	8.98	
2	24.5	24.0	24.2	24.5	24.30	12.3	12.7	12.3	12.8	12.53	8.8	8.7	9.1	9.1	8.93	
3	24.2	24.5	24.4	24.3	24.35	13.0	12.7	12.6	12.7	12.75	8.7	8.9	9.0	8.9	8.88	
4	24.4	24.3	24.4	24.6	24.43	12.4	12.6	12.7	12.5	12.55	8.9	9.0	8.9	9.0	8.95	
DIM. PROMEDIO					24.36						12.63					
DIM. NOMINAL					25.00						13.00					
VAR. DIMENSIONAL					2.55%						2.84%					

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30. Variación volumétrica del adobe de la muestra Tipo 5.

MUESTRA	LONGITUD PROMEDIO (cm)	ANCHO PROMEDIO (cm)	ALTURA PROMEDIO (cm)	VOLUMEN (cm ³)
1	24.38	12.70	8.98	2793.14
2	24.30	12.53	8.93	2800.45
3	24.35	12.75	8.88	2740.46
4	24.43	12.55	8.95	2752.13
VOLUMEN PROMEDIO				2771.54
VOLUMEN NOMINAL				2925.00
VAR. VOLUMETRICA				5.25%

Fuente: Elaboración Propia

La variación dimensional de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, obtenida al realizar las mediciones es de 2.55% en longitud, 2.84% en ancho y 0.76% en la altura y la variación volumétrica es de 5.25%.

Tabla 31. Variación dimensional y volumétrica promedio por tipo de muestra.

TIPO DE MUESTRA	VARIACION DIMENSIONAL			VARIACION VOLUMETRICA
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	
1	2.95%	2.55%	0.62%	5.69%
2	3.00%	2.21%	0.62%	5.67%
3	2.53%	2.02%	0.49%	4.90%
4	2.60%	2.45%	0.56%	4.59%
5	2.55%	2.84%	0.76%	5.25%

5.1.2 Absorción

Tabla 32. Ensayo de absorción del adobe.

ADOBES	MUESTRA	PESO SECO Wd (gr)	TIEMPO DE ABSORCION (min)	PESO SATURADO Ws (gr)
TIPO 1	M - 01	5517.4	28	No se puede realizar el pesado debido a que se desintegran totalmente.
	M - 02	5520.4	28	
	M - 03	5535.3	28	
TIPO 2	M - 01	5613.8	25	No se puede realizar el pesado debido a que se desintegran totalmente.
	M - 02	5601.2	25	
	M - 03	5616.8	25	
TIPO 3	M - 01	5465.8	25	No se puede realizar el pesado debido a que se desintegran totalmente.
	M - 02	5470.3	25	
	M - 03	5487.7	25	
TIPO 4	M - 01	5384.1	28	No se puede realizar el pesado debido a que se desintegran totalmente.
	M - 02	5397.3	28	
	M - 03	5383.2	28	
TIPO 5	M - 01	5225.6	30	No se puede realizar el pesado debido a que se desintegran totalmente.
	M - 02	5346.2	30	
	M - 03	5366.5	30	

Fuente: Elaboración Propia

No se registran los resultados del ensayo, debido a que las unidades de adobe ensayadas se desintegran parcial y totalmente en un periodo menor a 30 min.



Figura 40. Especímenes de adobe después de la inmersión en agua de ensayo de absorción.



5.1.3 Resistencia a compresión

Se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados:

Tabla 33. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 1.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION fo (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA			
M - 01	24.40	12.70	9.00	114.30	714.00	6.25
M - 02	24.50	12.80	9.00	115.20	545.00	4.73
M - 03	24.50	12.60	8.90	112.14	599.00	5.34
Resistencia a Compresión Promedio fo (kg/cm²):						5.44
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.62
Coefficiente de variación (Dispersión):						11.45%
Resistencia característica f'o (kg/cm²):						4.82

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con 0.35% de paja, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 5.44 kg/cm², una desviación estándar de 0.62 y un coeficiente de variación (dispersión) de 11.45%.

Tabla 34. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 2.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (Kg)	RESISTENCIA A COMPRESION fo (Kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA			
M - 01	24.60	12.80	8.90	113.92	554.00	4.86
M - 02	24.40	12.90	9.00	116.10	406.00	3.50
M - 03	24.30	10.60	8.90	94.34	537.00	5.69
Resistencia a Compresión Promedio fo (Kg/cm²):						4.68
Desviación estándar σ (Kg/cm²):						0.91
Coefficiente de variación (Dispersión):						19.32%
Resistencia característica f'o (Kg/cm²):						3.78

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con 0.20% de paja, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 4.68 kg/cm², una desviación estándar de 0.91 y un coeficiente de variación (dispersión) de 19.32%.



Tabla 35. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 3.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION fo (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA			
M - 01	24.70	12.90	8.90	114.81	561.00	4.89
M - 02	24.70	12.90	9.00	116.10	614.00	5.29
M - 03	24.80	12.80	9.00	115.20	699.00	6.07
Resistencia a Compresión Promedio fo (Kg/cm²):						5.41
Desviación estándar σ (Kg/cm²):						0.49
Coefficiente de variación (Dispersión):						9.06%
Resistencia característica f'o (Kg/cm²):						4.92

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 5.41 kg/cm², una desviación estándar de 0.49 y un coeficiente de variación (dispersión) de 9.06%.

Tabla 36. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 4.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION fo (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA			
M - 01	24.80	12.90	8.90	114.81	671.00	5.84
M - 02	24.60	12.90	9.00	116.10	746.00	6.43
M - 03	24.80	12.80	9.00	115.20	662.00	5.75
Resistencia a Compresión Promedio fo (kg/cm²):						6.01
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.30
Coefficiente de variación (Dispersión):						4.99%
Resistencia característica f'o (kg/cm²):						5.71

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 6.01 Kg/cm², una desviación estándar de 0.30 y un coeficiente de variación (dispersión) de 4.99%.



Tabla 37. Ensayo de resistencia a compresión del adobe de la muestra Tipo 5.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION fo (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO	ALTURA			
M - 01	24.80	12.90	9.00	116.10	729.00	6.28
M - 02	24.70	12.90	8.90	114.81	709.00	6.18
M - 03	24.80	12.80	8.90	113.92	692.00	6.07
Resistencia a Compresión Promedio fo (kg/cm²):						6.18
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.08
Coefficiente de variación (Dispersión):						1.35%
Resistencia característica f'o (kg/cm²):						6.09

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 6.18 kg/cm², una desviación estándar de 0.08 y un coeficiente de variación (dispersión) de 1.35%.

Tabla 38. Resistencia a compresión simple promedio de unidades de adobe por tipo.

Tipo de Muestra	Resistencia a Compresión Promedio fo (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)	Resistencia característica f'o (kg/cm ²)
1	5.44	0.62	11.45%	4.82
2	4.68	0.91	19.32%	3.78
3	4.68	0.49	9.06%	4.92
4	6.01	0.30	4.99%	5.71
5	6.18	0.08	1.35%	6.09

Fuente: Elaboración Propia



5.1.3.1 Resistencia a tracción

Se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados:

Tabla 39. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 1.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			LONGITUD ENTRE APOYOS (L)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A TRACCION ft (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO (b)	ALTURA (B)			
M - 01	24.40	12.70	9.00	21.50	153.00	7.12
M - 02	24.50	12.80	9.00	21.50	105.00	4.88
M - 03	24.50	12.60	8.90	21.50	110.00	5.12
Resistencia a tracción Promedio ft (kg/cm²):						5.71
Desviación Estándar σ (kg/cm²):						1.00
Coefficiente de Variación (Dispersión):						17.56%
Resistencia Característica f't (kg/cm²):						4.70

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción indirecta de las unidades de adobe con 0.35% de paja, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 5.71 kg/cm², una desviación estándar de 1.00 y un coeficiente de variación (dispersión) de 17.56%.

Tabla 40. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 2.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			LONGITUD ENTRE APOYOS (L)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A TRACCION ft (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO (b)	ALTURA (B)			
M - 01	24.60	12.80	8.90	21.50	107.00	4.98
M - 02	24.40	12.90	9.00	21.50	113.00	5.26
M - 03	24.30	10.60	8.90	21.50	93.00	4.33
Resistencia a tracción Promedio ft (kg/cm²):						4.85
Desviación Estándar σ (kg/cm²):						0.39
Coefficiente de Variación (Dispersión):						8.03%
Resistencia Característica f't (kg/cm²):						4.46

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción indirecta de las unidades de adobe con 0.20% de paja, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 4.85 kg/cm², una desviación estándar de 0.39 y un coeficiente de variación (dispersión) de 8.03%.



Tabla 41. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 3.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			LONGITUD ENTRE APOYOS (L)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A TRACCION ft (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO (b)	ALTURA (B)			
M - 01	24.70	12.90	8.90	21.50	125.00	5.81
M - 02	24.70	12.90	9.00	21.50	119.00	5.53
M - 03	24.80	12.80	9.00	21.50	90.00	4.19
Resistencia a tracción Promedio ft (kg/cm²):						5.18
Desviación Estándar σ (kg/cm²):						0.71
Coefficiente de Variación (Dispersión):						13.73%
Resistencia Característica f't (kg/cm²):						4.47

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción indirecta de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 5.18 kg/cm², una desviación estándar de 0.71 y un coeficiente de variación (dispersión) de 13.73%.

Tabla 42. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 4.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			LONGITUD ENTRE APOYOS (L)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A TRACCION ft (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO (b)	ALTURA (B)			
M - 01	24.80	12.90	8.90	21.50	129.00	6.00
M - 02	24.60	12.90	9.00	21.50	122.00	5.67
M - 03	24.80	12.80	9.00	21.50	124.00	5.77
Resistencia a tracción Promedio ft (kg/cm²):						5.81
Desviación Estándar σ (kg/cm²):						0.14
Coefficiente de Variación (Dispersión):						2.36%
Resistencia Característica f't (kg/cm²):						5.68

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción indirecta de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 5.81 kg/cm², una desviación estándar de 0.14 y un coeficiente de variación (dispersión) de 2.36%.



Tabla 43. Ensayo de resistencia a tracción del adobe de la muestra Tipo 5.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			LONGITUD ENTRE APOYOS (L)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A TRACCION ft (kg/cm ²)
	LONGITUD	ANCHO (b)	ALTURA (B)			
M - 01	24.80	12.90	9.00	21.50	175.00	8.14
M - 02	24.70	12.90	8.90	21.50	123.00	5.72
M - 03	24.80	12.80	8.90	21.50	118.00	5.49
Resistencia a tracción Promedio ft (kg/cm²):						6.45
Desviación Estándar σ (kg/cm²):						1.20
Coefficiente de Variación (Dispersión):						18.59%
Resistencia Característica f't (kg/cm²):						5.25

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de tracción indirecta de las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a tracción promedio de 6.45 kg/cm², una desviación estándar de 1.20 y un coeficiente de variación (dispersión) de 18.59%.

Tabla 44. Resistencia a tracción por flexión promedio de unidades de adobe por tipo.

Tipo de Muestra	Resistencia a Tracción Promedio ft (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)	Resistencia característica f't (kg/cm ²)
1	5.71	1.00	17.56%	4.70
2	4.85	0.39	8.03%	4.46
3	4.85	0.71	13.73%	4.47
4	5.81	0.14	2.36%	5.68
5	6.45	1.20	18.59%	5.25

Fuente: Elaboración Propia



5.2 MORTERO DE BARRO

5.2.1 Resistencia del mortero a la compresión

Se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados:

Tabla 45. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 1.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION Fo_mor (kg/cm ²)
	ALTURA	DIAMETRO			
M - 01	10.00	4.90	18.86	76.00	4.03
M - 02	9.90	5.00	19.63	121.00	6.16
M - 03	10.00	5.00	19.63	103.00	5.25
Resistencia a Compresión Promedio fo_mor (kg/cm²):					5.15
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.87
Coefficiente de variación (Dispersión):					16.97%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):					4.27

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.35% de paja, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 5.15 kg/cm², una desviación estándar de 0.87 y un coeficiente de variación (dispersión) de 16.97%.

Tabla 46. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 2.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION Fo_mor (kg/cm ²)
	ALTURA	DIAMETRO			
M - 01	9.90	4.90	18.86	76.00	4.03
M - 02	9.80	4.90	18.86	87.00	4.61
M - 03	9.80	5.00	19.63	102.00	5.19
Resistencia a Compresión Promedio fo_mor (kg/cm²):					4.61
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.48
Coefficiente de variación (Dispersión):					10.31%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):					4.14

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.20% de paja, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 4.61 kg/cm², una desviación estándar de 0.48 y un coeficiente de variación (dispersión) de 10.31%.



Tabla 47. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 3.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION Fo_mor (kg/cm ²)
	ALTURA	DIAMETRO			
M - 01	9.90	5.00	19.63	94.00	4.79
M - 02	9.90	4.80	18.10	101.00	5.58
M - 03	9.80	4.90	18.86	98.00	5.20
Resistencia a Compresión Promedio fo_mor (kg/cm²):					5.19
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.32
Coefficiente de variación (Dispersión):					6.25%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):					4.86

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 5.19 kg/cm², una desviación estándar de 0.32 y un coeficiente de variación (dispersión) de 6.25%.

Tabla 48. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 4.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION Fo_mor (kg/cm ²)
	ALTURA	DIAMETRO			
M - 01	9.90	4.90	18.86	157.00	8.33
M - 02	9.90	4.80	18.10	107.00	5.91
M - 03	9.80	4.80	18.10	106.00	5.86
Resistencia a Compresión Promedio fo_mor (kg/cm²):					6.70
Desviación estándar σ (kg/cm²):					1.15
Coefficiente de variación (Dispersión):					17.18%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):					5.55

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 6.70 kg/cm², una desviación estándar de 1.15 y un coeficiente de variación (dispersión) de 17.18%.



Tabla 49. Ensayo de compresión de testigos cilíndricos de mortero de barro de la muestra Tipo 5.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION Fo_mor (kg/cm ²)
	ALTURA	DIAMETRO			
M - 01	9.90	4.90	18.86	115.00	6.10
M - 02	10.00	5.00	19.63	126.00	6.42
M - 03	10.00	4.90	18.86	205.00	10.87
Resistencia a Compresión Promedio fo_mor (kg/cm²):					7.80
Desviación estándar σ (kg/cm²):					2.18
Coefficiente de variación (Dispersión):					27.95%
Resistencia característica f'o_mor (kg/cm²):					5.62

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión testigos cilíndricos de mortero de barro con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, se obtuvo una resistencia a compresión promedio de 7.80 kg/cm², una desviación estándar de 2.18 y un coeficiente de variación (dispersión) de 27.95%.

Tabla 50. Resistencia a la compresión promedio de testigos de mortero de barro por tipo.

Tipo de Muestra	Resistencia a Compresión Promedio fo_mor (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)	Resistencia característica f'o_mor (kg/cm ²)
1	5.15	0.87	16.97%	4.27
2	4.61	0.48	10.31%	4.14
3	4.61	0.32	6.25%	4.86
4	6.70	1.15	17.18%	5.55
5	7.80	2.18	27.95%	5.62

Fuente: Elaboración Propia.



5.2.2 Esfuerzo de adherencia del mortero

Se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados:

Tabla 51. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 1.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (S) (cm ²)	CARGA MAXIMA (Pmax) (kg)	ESFUERZO DE ADHERENCIA Fo_A (kg/cm ²)
	LONGITUD (L)	ANCHO (a)			
M - 01	24.80	12.80	423.25	113.00	0.27
M - 02	24.90	12.70	421.64	323.00	0.77
M - 03	24.90	12.80	424.96	60.00	0.14
Esfuerzo de adherencia Promedio fo_A (kg/cm²):					0.39
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.27
Coefficiente de variación (Dispersión):					68.94%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.35% de paja, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.39 kg/cm², una desviación estándar de 0.27 y un coeficiente de variación (dispersión) de 68.94%.

Tabla 52. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 2.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (S) (cm ²)	CARGA MAXIMA (Pmax) (kg)	ESFUERZO DE ADHERENCIA Fo_A (kg/cm ²)
	LONGITUD (L)	ANCHO (a)			
M - 01	24.20	12.30	396.88	129.00	0.33
M - 02	24.30	12.20	395.28	62.00	0.16
M - 03	24.50	12.50	408.33	75.00	0.18
Esfuerzo de adherencia Promedio fo_A (kg/cm²):					0.22
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.07
Coefficiente de variación (Dispersión):					33.26%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.20% de paja, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.22 kg/cm², una desviación estándar de 0.07 y un coeficiente de variación (dispersión) de 33.26%.



Tabla 53. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 3.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (S) (cm ²)	CARGA MAXIMA (Pmax) (kg)	ESFUERZO DE ADHERENCIA Fo_A (kg/cm ²)
	LONGITUD (L)	ANCHO (a)			
M - 01	24.40	12.50	406.67	187.00	0.46
M - 02	24.50	12.60	411.60	245.00	0.60
M - 03	24.40	12.30	400.16	121.00	0.30
Esfuerzo de adherencia Promedio fo_A (kg/cm²):					0.45
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.12
Coefficiente de variación (Dispersión):					26.45%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.45 kg/cm², una desviación estándar de 0.12 y un coeficiente de variación (dispersión) de 26.45%.

Tabla 54. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 4.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (S) (cm ²)	CARGA MAXIMA (Pmax) (kg)	ESFUERZO DE ADHERENCIA Fo_A (kg/cm ²)
	LONGITUD (L)	ANCHO (a)			
M - 01	24.50	12.80	418.13	80.00	0.19
M - 02	24.60	12.70	416.56	216.00	0.52
M - 03	24.70	12.50	411.67	117.00	0.28
Esfuerzo de adherencia Promedio fo_A (kg/cm²):					0.33
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.14
Coefficiente de variación (Dispersión):					41.55%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.33 kg/cm², una desviación estándar de 0.14 y un coeficiente de variación (dispersión) de 41.55%.



Tabla 55. Ensayo de prueba de adherencia de mortero de barro de la muestra Tipo 5.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)		AREA (S) (cm ²)	CARGA MAXIMA (Pmax) (kg)	ESFUERZO DE ADHERENCIA Fo_A (kg/cm ²)
	LONGITUD (L)	ANCHO (a)			
M - 01	24.60	12.80	419.84	226.00	0.54
M - 02	24.80	12.70	419.95	128.00	0.30
M - 03	24.70	12.90	424.84	183.00	0.43
Esfuerzo de adherencia Promedio fo_A (kg/cm²):					0.42
Desviación estándar σ (kg/cm²):					0.10
Coefficiente de variación (Dispersión):					22.47%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión de probetas de tres piezas con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, se obtuvo el esfuerzo de adherencia promedio de 0.42 kg/cm², una desviación estándar de 0.10 y un coeficiente de variación (dispersión) de 22.47%.

Tabla 56. Resistencia promedio de prueba de adherencia por tipo.

Tipo de Muestra	Esfuerzo de Adherencia Promedio fo_A (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)
1	0.39	0.27	68.94%
2	0.22	0.07	33.26%
3	0.45	0.12	26.45%
4	0.33	0.14	41.55%
5	0.42	0.10	22.47%

Fuente: Elaboración Propia



5.3 MAMPOSTERIA DE ADOBE

5.3.1 Resistencia de la mampostería de adobe a compresión

5.3.1.1 Resistencia a compresión axial en pilas

Se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados:

Tabla 57. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 1.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION AXIAL - fm (kg/cm ²)
	LONGITUD	ESPELOR	ALTURA			
M - 01	24.80	12.90	40.20	319.92	2751.00	8.60
M - 02	24.90	12.80	40.60	318.72	2911.00	9.13
M - 03	24.80	12.80	40.50	317.44	2522.00	7.94
Resistencia a Compresión Axial Promedio fm (kg/cm²):						8.56
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.49
Coefficiente de Variación (Dispersión):						5.68%
Resistencia Característica f'm (kg/cm²)						8.07

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.35% de paja, se obtuvo la resistencia a compresión axial promedio de 8.56 Kg/cm², una desviación estándar de 0.49 y un coeficiente de variación (dispersión) de 5.68%.

Tabla 58 Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 2.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION AXIAL - fm (kg/cm ²)
	LONGITUD	ESPELOR	ALTURA			
M - 01	24.30	12.30	40.10	298.89	2424.00	8.11
M - 02	24.40	12.40	39.60	302.56	2355.00	7.78
M - 03	24.20	12.20	40.00	295.24	2490.00	8.43
Resistencia a Compresión Axial Promedio fm (kg/cm²):						8.11
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.27
Coefficiente de Variación (Dispersión):						3.27%
Resistencia Característica f'm (kg/cm²)						7.84

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja, se obtuvo la resistencia a compresión axial promedio de 8.11 kg/cm², una desviación estándar de 0.27 y un coeficiente de variación (dispersión) de 3.27%.



Tabla 59. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 3.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION AXIAL - fm (kg/cm ²)
	LONGITUD	ESPEJOR	ALTURA			
M - 01	24.40	12.30	39.80	300.12	2482.00	8.27
M - 02	24.50	12.50	40.20	306.25	2705.00	8.83
M - 03	25.40	12.40	40.00	314.96	2631.00	8.35
Resistencia a Compresión Axial Promedio fm (kg/cm²):						8.49
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.25
Coefficiente de Variación (Dispersión):						2.92%
Resistencia Característica f'm (kg/cm²)						8.24

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, se obtuvo la resistencia a compresión axial promedio de 8.49 kg/cm², una desviación estándar de 0.25 y un coeficiente de variación (dispersión) de 2.92%.

Tabla 60. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 4.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION AXIAL - fm (kg/cm ²)
	LONGITUD	ESPEJOR	ALTURA			
M - 01	24.60	12.60	40.00	309.96	2617.00	8.44
M - 02	24.70	12.60	40.10	311.22	2687.00	8.63
M - 03	24.50	12.80	40.00	313.60	3065.00	9.77
Resistencia a Compresión Axial Promedio fm (kg/cm²):						8.95
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.59
Coefficiente de Variación (Dispersión):						6.56%
Resistencia Característica f'm (kg/cm²)						8.36

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, se obtuvo la resistencia a compresión axial promedio de 8.95 kg/cm², una desviación estándar de 0.59 y un coeficiente de variación (dispersión) de 6.56%.



Tabla 61. Ensayo de compresión axial de pilas de adobe Tipo 5.

ESPECIMEN	DIMENSIONES (cm)			AREA (cm ²)	CARGA MAXIMA (kg)	RESISTENCIA A COMPRESION AXIAL - fm (kg/cm ²)
	LONGITUD	ESPEJOR	ALTURA			
M - 01	24.70	12.80	40.20	316.16	2811.00	8.89
M - 02	24.80	12.90	40.10	319.92	2745.00	8.58
M - 03	24.80	12.80	40.30	317.44	3087.00	9.72
Resistencia a Compresión Axial Promedio fm (kg/cm²):						9.07
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.48
Coefficiente de Variación (Dispersión):						5.33%
Resistencia Característica f'm (kg/cm²)						8.58

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, se obtuvo la resistencia a compresión axial promedio de 9.07 Kg/cm², una desviación estándar de 0.48 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 5.33%.

Tabla 62. Resistencia a compresión axial promedio de pilas de adobe por tipo.

Tipo de Muestra	Resistencia a Compresión Axial Promedio fm (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)	Resistencia característica f'm (kg/cm ²)
1	8.56	0.49	5.68%	8.07
2	8.11	0.27	3.27%	7.84
3	8.11	0.25	2.92%	8.24
4	8.95	0.59	6.56%	8.36
5	9.07	0.48	5.33%	8.58

Fuente: Elaboración Propia

5.3.1.2 Módulo de elasticidad

Se muestran a continuación los resultados obtenidos de los ensayos realizados en las gráficas y cuadros siguientes:

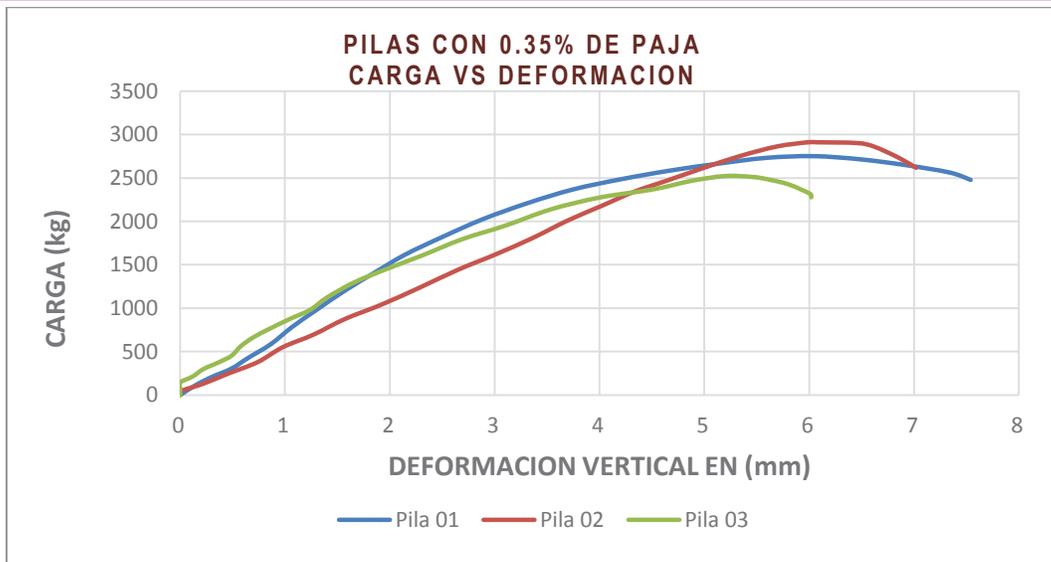


Figura 41. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 1.

Tabla 63. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 1

ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	6.04	0.63	1.81
M - 02	5.99	0.82	2.68
M - 03	5.20	0.37	1.61

Tabla 64. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 1.

ESPECIMEN	CARGA MAXIMA Pmax (Kg)	AREA (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (15%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 01	2751.00	319.92	412.65	1375.50	962.85	3.0097	0.63	1.81	1.18	250.00	0.004712	638.70
M - 02	2911.00	318.72	436.65	1455.50	1018.85	3.1967	0.82	2.68	1.86	250.00	0.007425	430.53
M - 03	2522.00	317.44	378.30	1261.00	882.70	2.7807	0.37	1.61	1.24	250.00	0.004945	562.35
Promedio Módulo de Elasticidad (kg/cm²):												543.86
Desviación Estándar σ (kg/cm²):												85.98
Coefficiente de Variación:												15.81%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial en pilas de adobe con mortero de barro con 0.35% de paja, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 85.98 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 15.81%.

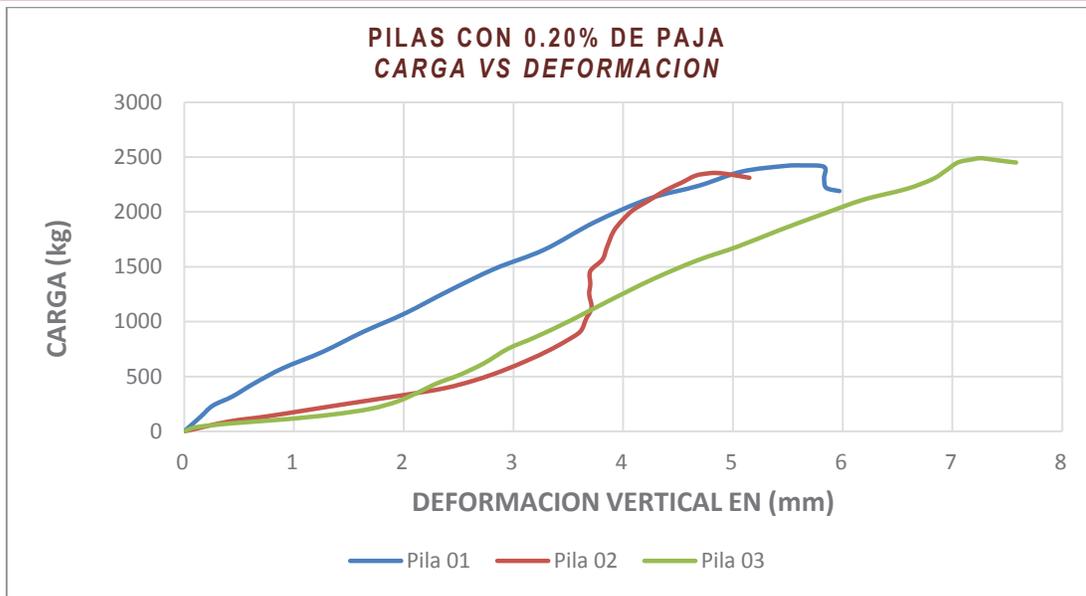


Figura 42. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 2.

Tabla 65. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 2

ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.63	0.52	2.28
M - 02	4.85	2.13	3.70
M - 03	7.25	2.17	3.98

Tabla 66. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 2.

ESPECIMEN	CARGA MAXIMA Pmax (Kg)	AREA (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (15%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 01	2424.00	298.89	363.60	1212.00	848.40	2.8385	0.52	2.28	1.76	250.00	0.007047	402.82
M - 02	2355.00	302.56	353.25	1177.50	824.25	2.7243	2.13	3.70	1.57	250.00	0.006281	433.71
M - 03	2490.00	295.24	373.50	1245.00	871.50	2.9518	2.17	3.98	1.81	250.00	0.007244	407.49
Promedio Módulo de Elasticidad (kg/cm²):												414.67
Desviación Estándar σ (kg/cm²):												13.60
Coefficiente de Variación:												3.28%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial en pilas de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 414.67 kg/cm², una desviación estándar de 13.60 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 3.28%.

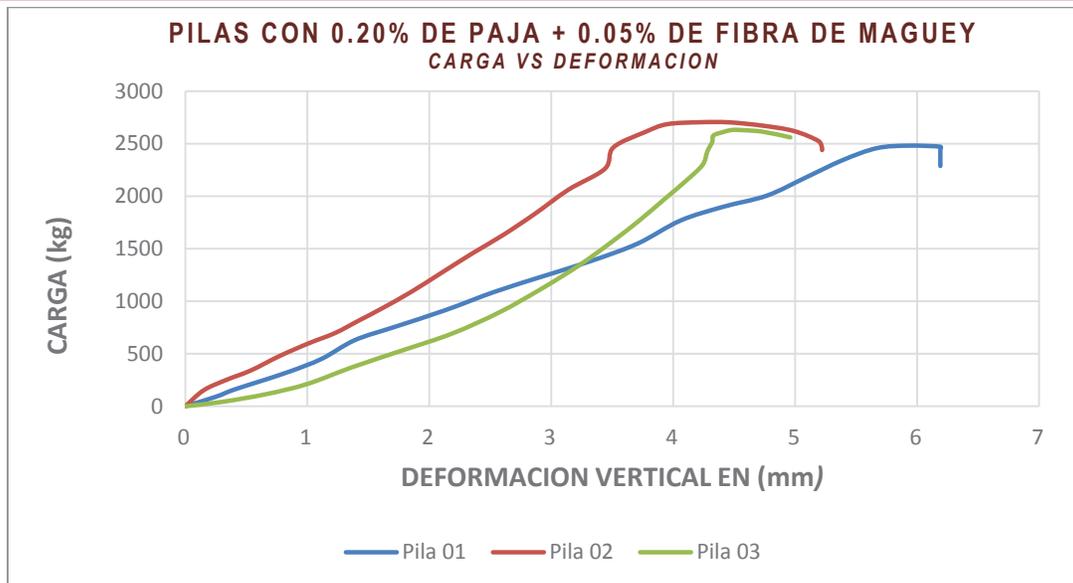


Figura 43. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 3.

Tabla 67. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 3.

ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.93	0.95	2.94
M - 02	4.22	0.65	2.21
M - 03	4.48	1.43	3.19

Tabla 68. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 3.

ESPECIMEN	CARGA MAXIMA Pmax (Kg)	AREA (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (15%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 01	2482.00	300.12	372.30	1241.00	868.70	2.8945	0.95	2.94	2.00	250.00	0.007980	362.70
M - 02	2705.00	306.25	405.75	1352.50	946.75	3.0914	0.65	2.21	1.56	250.00	0.006253	494.37
M - 03	2631.00	314.96	394.65	1315.50	920.85	2.9237	1.43	3.19	1.76	250.00	0.007060	414.12
Promedio Módulo de Elasticidad (kg/cm²):												423.73
Desviación Estándar σ (kg/cm²):												54.18
Coefficiente de Variación:												12.79%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial en pilas de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 423.73 kg/cm², una desviación estándar de 54.18 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 12.79%.

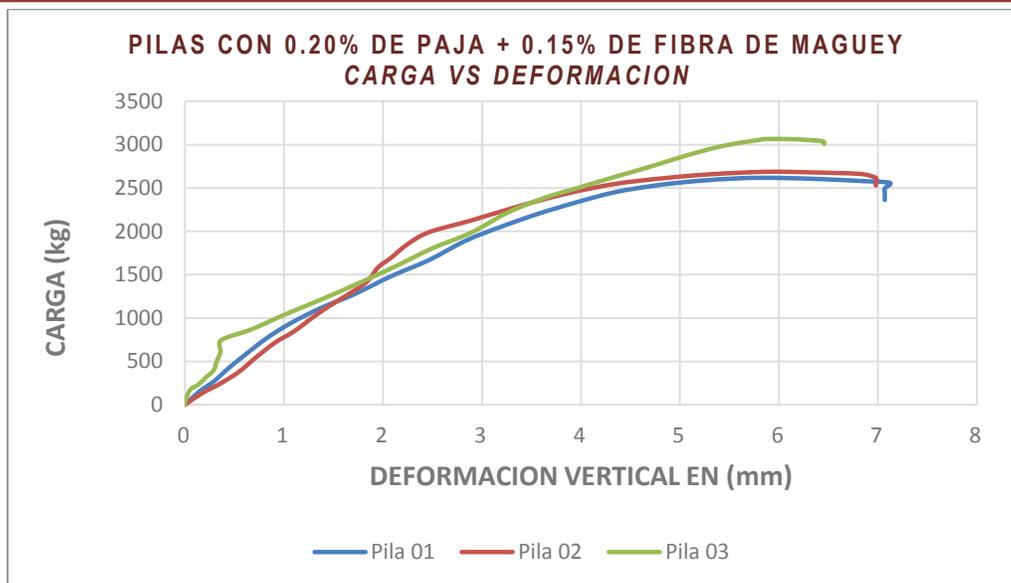


Figura 44. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 4.

Tabla 69. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 4.

ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.78	0.41	1.77
M - 02	5.87	0.57	1.74
M - 03	5.89	0.31	2.00

Tabla 70. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 4.

ESPECIMEN	CARGA MAXIMA Pmax (Kg)	AREA (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (15%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 01	2617.00	309.96	392.55	1308.50	915.95	2.9551	0.41	1.77	1.36	250.00	0.005438	543.38
M - 02	2687.00	311.22	403.05	1343.50	940.45	3.0218	0.57	1.74	1.17	250.00	0.004686	644.88
M - 03	3065.00	313.60	459.75	1532.50	1072.75	3.4208	0.31	2.00	1.70	250.00	0.006783	504.29
Promedio Módulo de Elasticidad (kg/cm²):												564.18
Desviación Estándar σ (kg/cm²):												59.25
Coefficiente de Variación:												10.50%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial en pilas de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 564.18 kg/cm², una desviación estándar de 59.25 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 10.50%.

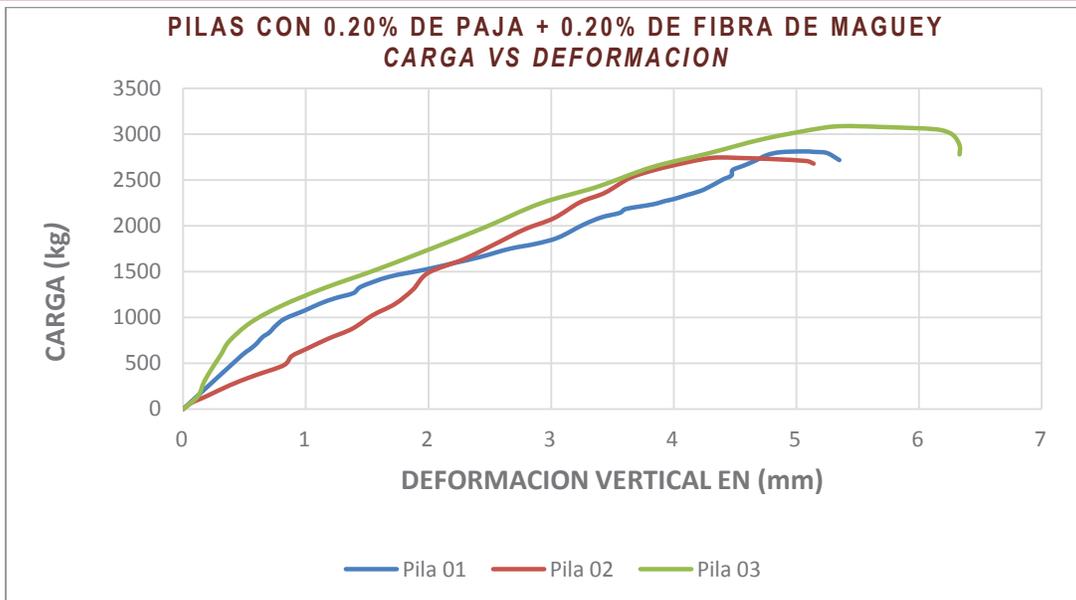


Figura 45. Carga vs. Deformación de pilas de adobe de muestra Tipo 5.

Tabla 71. Deformaciones unitarias verticales de pilas de adobe Tipo 5.

ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.05	0.34	1.60
M - 02	4.37	0.68	1.92
M - 03	5.39	0.24	1.62

Tabla 72. Módulo de elasticidad de pilas de adobe Tipo 5.

ESPECIMEN	CARGA MAXIMA Pmax (Kg)	AREA (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Δσ (kg/cm ²)	D (15%)	D (50%)	ΔD (mm)	Longitud entre topes (L) - (mm)	Δε (mm/mm)	Módulo de Elasticidad Em (kg/cm ²)
M - 01	2811.00	316.16	421.65	1405.50	983.85	3.1119	0.34	1.60	1.26	250.00	0.005024	619.43
M - 02	2745.00	319.92	411.75	1372.50	960.75	3.0031	0.68	1.92	1.24	250.00	0.004955	606.12
M - 03	3087.00	317.44	463.05	1543.50	1080.45	3.4036	0.24	1.62	1.38	250.00	0.005505	618.26
Promedio Módulo de Elasticidad (kg/cm²):												614.60
Desviación Estándar σ (kg/cm²):												6.02
Coefficiente de Variación:												0.98%

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión axial en pilas de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene el valor de deformación unitaria requerida para el cálculo del módulo de elasticidad cuyo valor promedio es de 614.60 kg/cm², una desviación estándar de 6.02 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 0.98%.



Tabla 73. Módulo de elasticidad promedio de pilas de adobe por tipo.

Tipo de Muestra	Módulo de Elasticidad Promedio E_m (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)
1	543.86	85.98	15.81%
2	414.67	13.60	3.28%
3	423.73	54.18	12.79%
4	564.18	59.25	10.50%
5	614.60	6.02	0.98%

Fuente: Elaboración Propia

5.3.1.3 Forma de falla en pilas

Por la experiencia el modo de falla ideal para las unidades de albañilería en general es una grieta vertical que corta la unidad y el mortero, generalmente que va en la cara de la pila con mayor esbeltez, esto se debe a la tracción existente producida por la expansión lateral producto de la carga a compresión aplicada.

El tipo de falla que presenta la pila de la Figura 46, es dúctil por la presencia de grietas verticales en la cara de mayor dimensión de la pila y una grieta casi diagonal en la cara de menor dimensión producido por la posición de la carga, seguido por el desprendimiento de partículas por la zona de mayor agrietamiento. En la Figura 47, la falla es mixta, es decir está entre frágil y dúctil por la presencia de mayor agrietamiento en todas las caras, posiblemente es producida por la cantidad menor de fibra utilizada, además presenta aplastamiento en la base. En la Figura 48, el modo de falla es dúctil por las grietas verticales que están en mayor presencia en la cara de menor dimensión, también hay aplastamiento en la base. En la Figura 49, se nota lo mismo que lo anterior, pero el agrietamiento es en menor cantidad. Finalmente, en la Figura 50, las grietas son menores y se concentran generalmente en la base al igual que las demás también presenta aplastamiento.



Figura 46. Tipo de falla en pila TIPO 1 muestra (M-03).



Figura 47. Tipo de falla en pila TIPO 2 muestra (M-02).

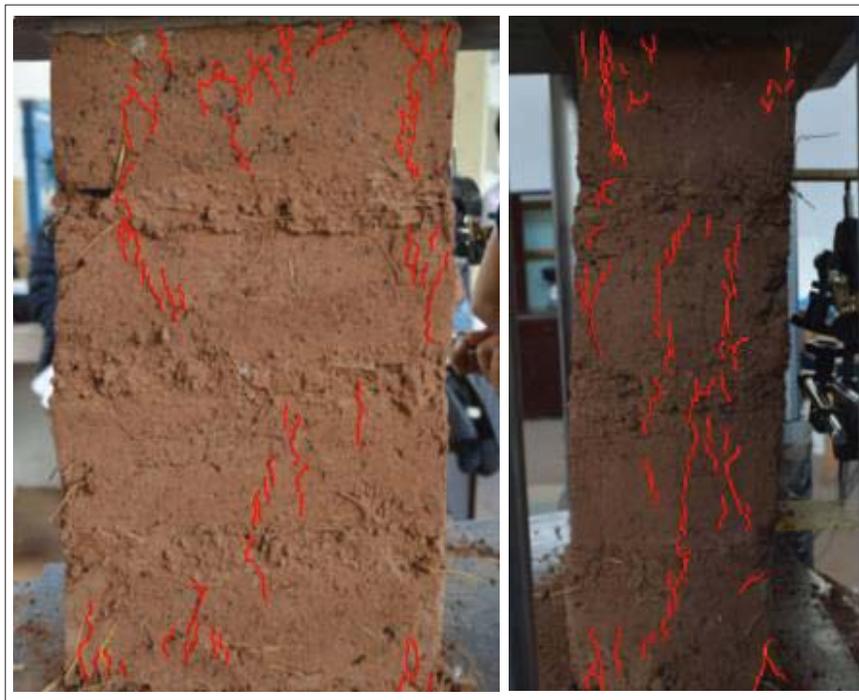


Figura 48. Tipo de falla en pila TIPO 3 muestra (M-01).

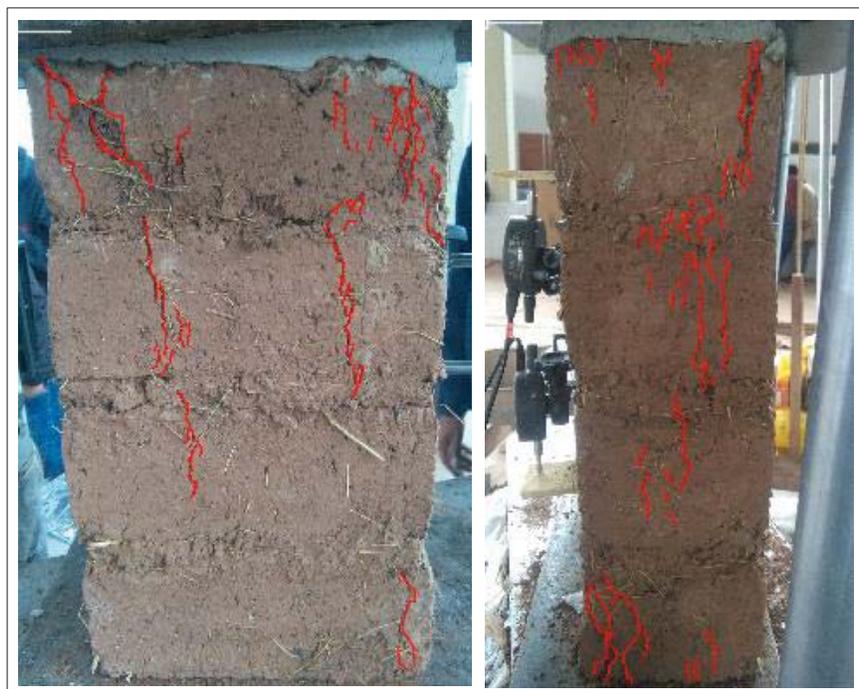


Figura 49. Tipo de falla en pila TIPO 4 muestra (M-03).



Figura 50. Tipo de falla en pila TIPO 5 muestra (M-02).

5.3.2 Resistencia de la mampostería de adobe a tracción indirecta

5.3.2.1 Resistencia a compresión diagonal en muretes

Se muestran los resultados obtenidos de los ensayos realizados:

Tabla 74. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 1.

ESPECIMEN	DIMENSIONES			AREA ($2aem$) - (cm^2)	CARGA MAXIMA (P) - (kg)	ESFUERZO CORTANTE V_m (kg/cm^2)
	ALTURA (cm)	LONGITUD (cm)	ESPESOR (cm)			
M - 01	52.40	50.70	12.70	1309.37	502.88	0.38
M - 02	52.70	50.40	12.80	1319.68	544.88	0.41
M - 03	52.50	50.70	12.50	1290.00	626.64	0.49
Esfuerzo Cortante Promedio V_m (kg/cm^2):						0.43
Desviación estándar σ (kg/cm^2):						0.04
Coefficiente de variación (Dispersión):						10.01%
Esfuerzo Cortante Característica V'_m (kg/cm^2):						0.38

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con 0.35% de paja, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 0.43 kg/cm^2 , una desviación estándar de 0.04 y un coeficiente de variación (dispersión) de 10.01%.



Tabla 75. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 2.

ESPECIMEN	DIMENSIONES			AREA ($2aem$) - (cm^2)	CARGA MAXIMA (P) - (kg)	ESFUERZO CORTANTE V_m (kg/cm^2)
	ALTURA (cm)	LONGITUD (cm)	ESPEJOR (cm)			
M - 01	51.80	50.30	12.70	1296.67	495.60	0.38
M - 02	52.00	50.50	12.50	1281.25	366.24	0.29
M - 03	52.00	50.70	12.30	1263.21	666.96	0.53
Esfuerzo Cortante Promedio V_m (kg/cm^2):						0.40
Desviación estándar σ (kg/cm^2):						0.10
Coefficiente de variación (Dispersión):						24.97%
Esfuerzo Cortante Característica $V'm$ (kg/cm^2):						0.30

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 0.40 kg/cm^2 , una desviación estándar de 0.10 y un coeficiente de variación (dispersión) de 24.97%.

Tabla 76. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 3.

ESPECIMEN	DIMENSIONES			AREA ($2aem$) - (cm^2)	CARGA MAXIMA (P) - (kg)	ESFUERZO CORTANTE V_m (kg/cm^2)
	ALTURA (cm)	LONGITUD (cm)	ESPEJOR (cm)			
M - 01	52.90	50.70	12.50	1295.00	495.60	0.38
M - 02	53.10	50.50	12.90	1336.44	631.68	0.47
M - 03	52.70	50.80	12.50	1293.75	448.56	0.35
Esfuerzo Cortante Promedio V_m (kg/cm^2):						0.40
Desviación estándar σ (kg/cm^2):						0.05
Coefficiente de variación (Dispersión):						13.22%
Esfuerzo Cortante Característica $V'm$ (kg/cm^2):						0.35

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 0.40 kg/cm^2 , una desviación estándar de 0.05 y un coeficiente de variación (dispersión) de 13.22%.



Tabla 77. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 4.

ESPECIMEN	DIMENSIONES			AREA ($2aem$) - (cm ²)	CARGA MAXIMA (P) - (kg)	ESFUERZO CORTANTE Vm (kg/cm ²)
	ALTURA (cm)	LONGITUD (cm)	ESPEJOR (cm)			
M - 01	52.30	50.80	12.60	1299.06	542.08	0.42
M - 02	52.50	50.90	12.70	1313.18	633.36	0.48
M - 03	52.60	50.80	12.80	1323.52	701.68	0.53
Esfuerzo Cortante Promedio Vm (kg/cm²):						0.48
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.05
Coefficiente de variación (Dispersión):						9.71%
Esfuerzo Cortante Característica V'm (kg/cm²):						0.43

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 0.48 kg/cm², una desviación estándar de 0.05 y un coeficiente de variación (dispersión) de 9.71%.

Tabla 78. Ensayo compresión diagonal de muretes de adobe Tipo 5.

ESPECIMEN	DIMENSIONES			AREA ($2aem$) - (cm ²)	CARGA MAXIMA (P) - (kg)	ESFUERZO CORTANTE Vm (kg/cm ²)
	ALTURA (cm)	LONGITUD (cm)	ESPEJOR (cm)			
M - 01	52.90	51.10	12.80	1331.20	719.04	0.54
M - 02	52.50	50.90	12.80	1323.52	586.32	0.44
M - 03	52.40	50.90	12.70	1311.91	865.76	0.66
Esfuerzo Cortante Promedio Vm (kg/cm²):						0.55
Desviación estándar σ (kg/cm²):						0.09
Coefficiente de variación (Dispersión):						16.20%
Esfuerzo Cortante Característica V'm (kg/cm²):						0.46

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados registrados de los ensayos de compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, se obtuvo un esfuerzo cortante promedio de 0.55 kg/cm², una desviación estándar de 0.09 y un coeficiente de variación (dispersión) de 16.20%.



Tabla 79. Esfuerzo cortante promedio en muretes de adobe por tipo.

Tipo de Muestra	Esfuerzo Cortante Promedio V_m (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)	Resistencia característica V'_m (kg/cm ²)
1	0.43	0.04	10.01%	0.38
2	0.40	0.10	24.97%	0.30
3	0.40	0.05	13.22%	0.35
4	0.48	0.05	9.71%	0.43
5	0.55	0.09	16.20%	0.46

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2.2 Módulo de corte

Se muestran a continuación los resultados obtenidos de los ensayos realizados en las gráficas y cuadros siguientes:

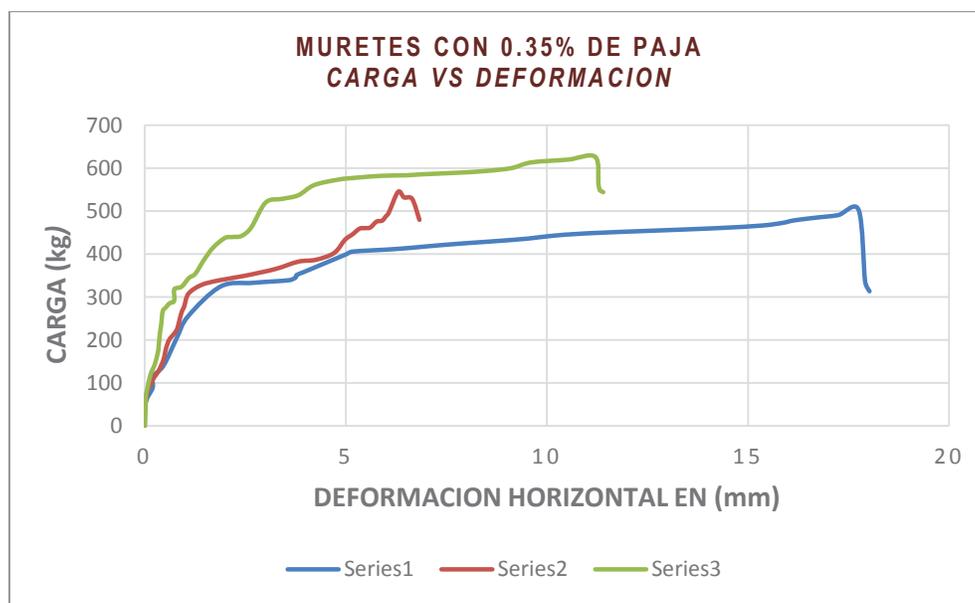


Figura 51. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 1.

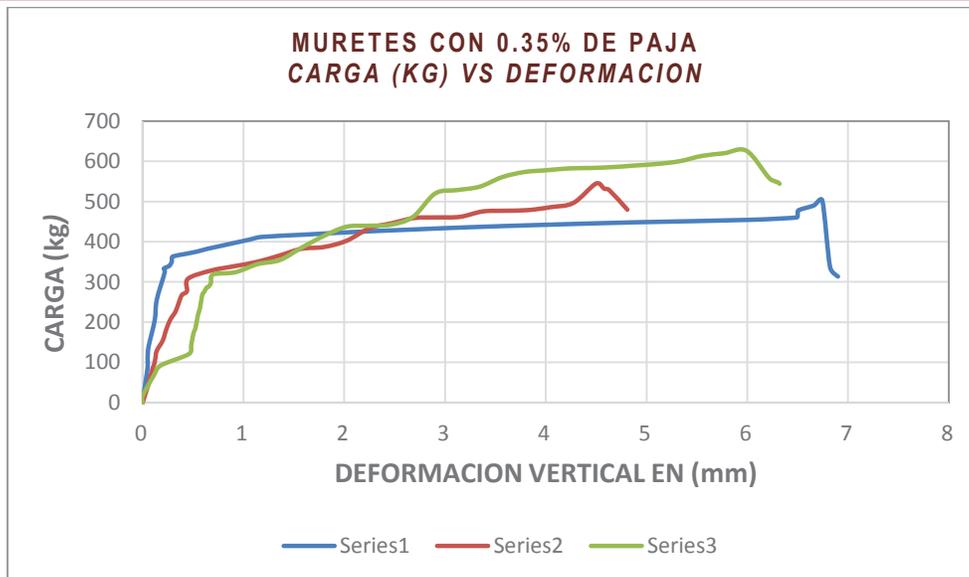


Figura 52. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 1.

Tabla 80. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 1.

DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)				DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	6.74	0.04	0.14	M - 01	17.75	0.13	1.06
M - 02	4.50	0.10	0.42	M - 02	6.30	0.07	0.96
M - 03	5.99	0.20	0.69	M - 03	11.20	0.08	0.74

Tabla 81. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 1.

ESP.	Carga (Kg)	Área (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (hg)	Vm (kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(Y)	Gm (kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	LH (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	502.88	1309.37	75.43	251.44	176.01	0.1344	0.10	400	0.000240	0.93	400	0.002319	0.0026	52.52
M - 02	544.88	1319.68	81.73	272.44	190.71	0.1445	0.32	400	0.000798	0.88	400	0.002203	0.0030	48.16
M - 03	626.64	1290.00	94.00	313.32	219.32	0.1700	0.50	400	0.001247	0.66	400	0.001640	0.0029	58.89
Promedio Módulo de Corte (kg/cm²):													53.19	
Desviación Estándar σ (kg/cm²):													4.41	
Coefficiente de Variación:													8.29%	

Fuente: Elaboración Propia



Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de adobe con mortero de barro con 0.35% de paja, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene los valores de deformaciones unitarias requeridas para el cálculo del módulo de corte cuyo valor promedio es de 53.19 kg/cm², una desviación estándar de 4.41 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 8.29%.

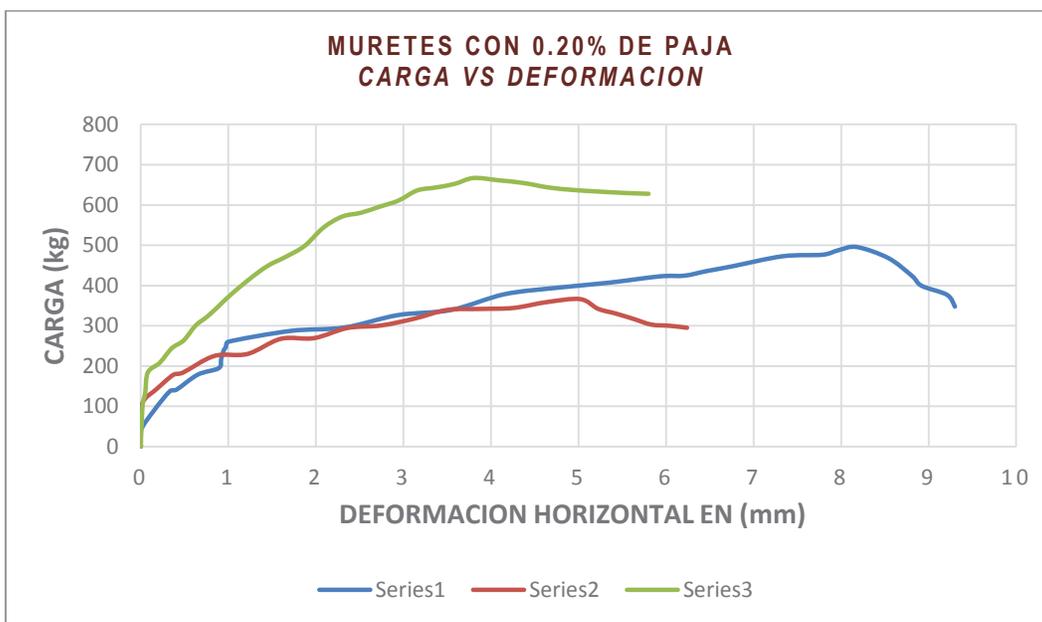


Figura 53. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 2.

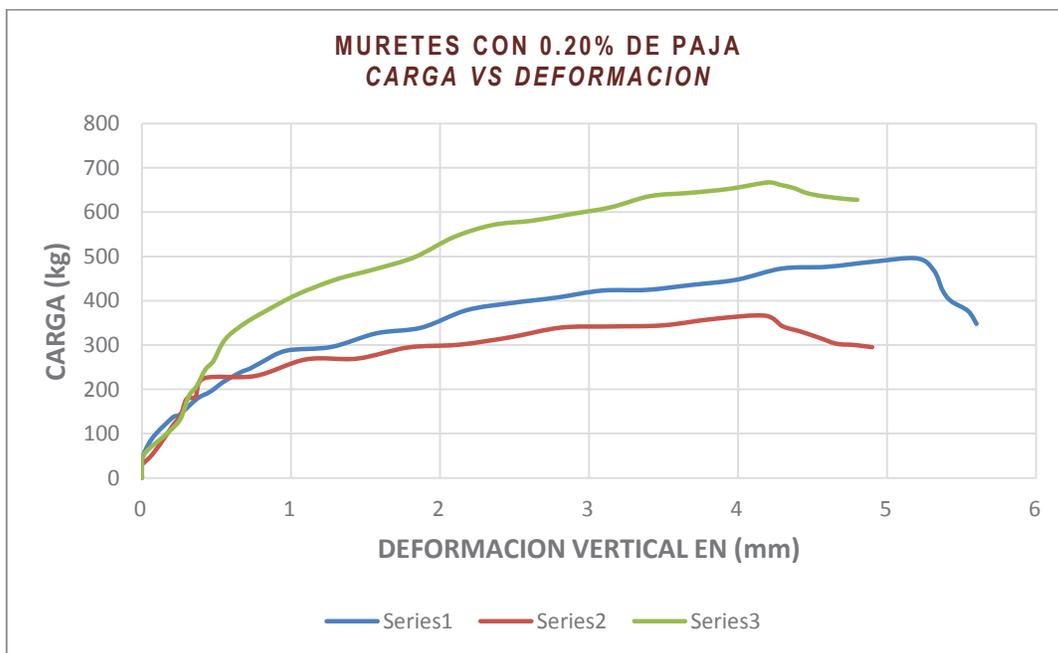




Figura 54. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 2.

Tabla 82. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 2.

DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)				DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.20	0.05	0.73	M - 01	8.18	0.10	0.97
M - 02	4.18	0.07	0.35	M - 02	5.02	0.00	0.47
M - 03	4.20	0.17	0.63	M - 03	3.80	0.02	0.81

Tabla 83. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 2.

ESP.	Carga (Kg)	Área (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Vm (kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(°)	Gm (kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	LH (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	495.60	1296.67	74.34	247.80	173.46	0.1338	0.68	400	0.001708	0.87	400	0.002174	0.0039	34.46
M - 02	366.24	1281.25	54.94	183.12	128.18	0.1000	0.28	400	0.000698	0.47	400	0.001173	0.0019	53.49
M - 03	666.96	1263.21	100.04	333.48	233.44	0.1848	0.46	400	0.001153	0.79	400	0.001982	0.0031	58.95
Promedio Módulo de Corte (kg/cm²):													48.97	
Desviación Estándar σ (kg/cm²):													10.50	
Coefficiente de Variación:													21.44%	

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene los valores de deformaciones unitarias requeridas para el cálculo del módulo de corte cuyo valor promedio es de 48.97 kg/cm², una desviación estándar de 10.50 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 21.44%.

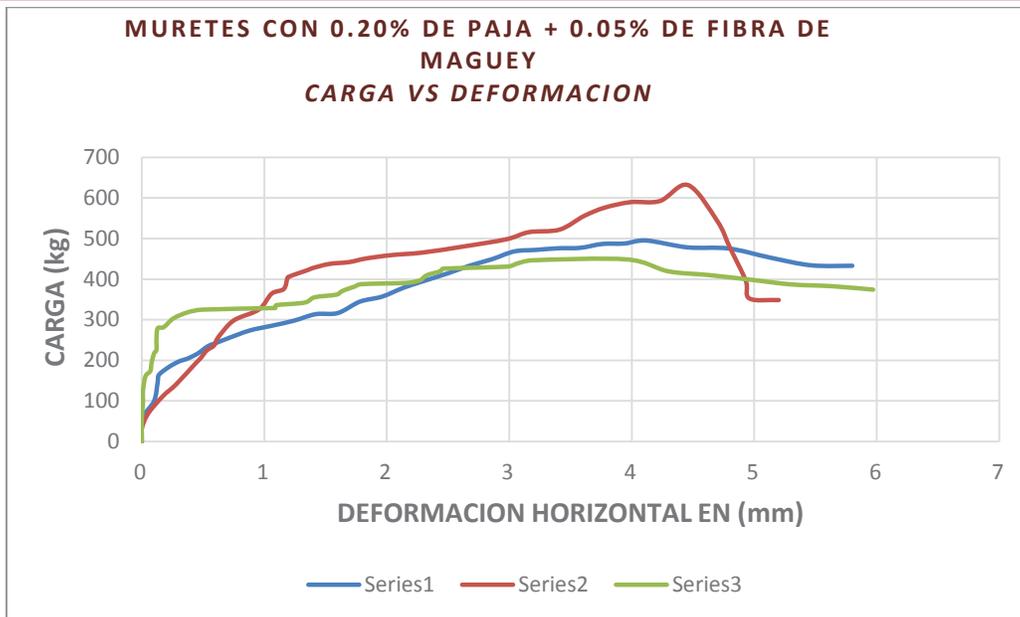


Figura 55. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 3

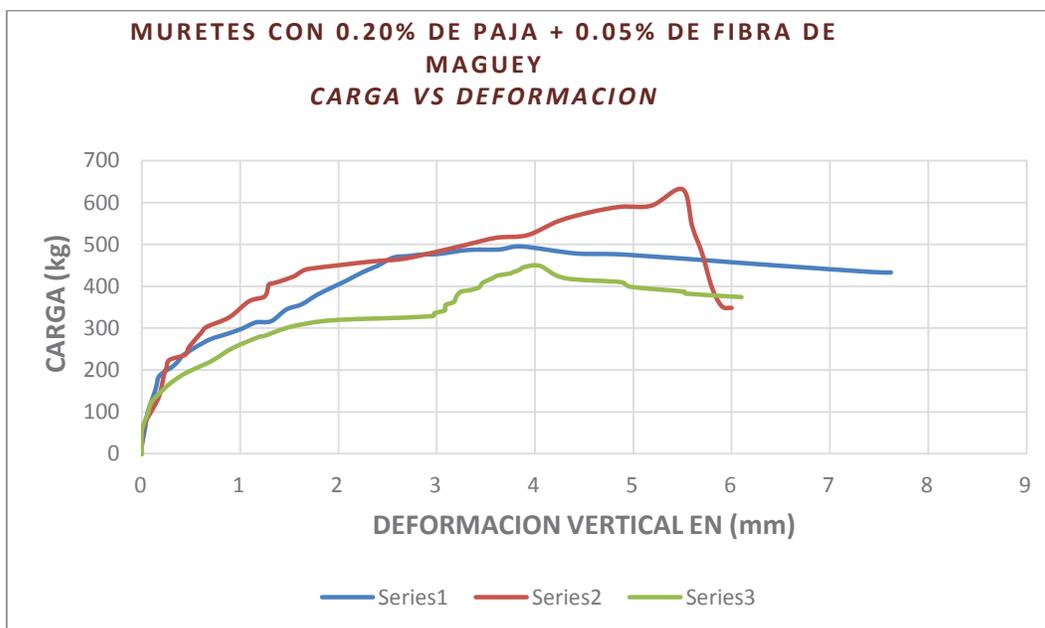


Figura 56. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 3.



Tabla 84. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 3.

DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)				DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	3.86	0.04	0.50	M - 01	4.12	0.04	0.65
M - 02	5.50	0.08	0.79	M - 02	4.46	0.13	0.88
M - 03	4.05	0.02	0.73	M - 03	3.96	0.00	0.12

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 85. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 3.

ESP.	Carga (Kg)	Área (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Vm (kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(°)	Gm (kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	LH (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	495.60	1295.00	74.34	247.80	173.46	0.1339	0.46	400	0.001145	0.61	400	0.001519	0.0027	50.29
M - 02	631.68	1336.44	94.75	315.84	221.09	0.1654	0.71	400	0.001766	0.76	400	0.001890	0.0037	45.25
M - 03	448.56	1293.75	67.28	224.28	157.00	0.1213	0.71	400	0.001778	0.11	400	0.000285	0.0021	58.83
Promedio Módulo de Corte (kg/cm²):													51.46	
Desviación Estándar σ (kg/cm²):													5.60	
Coefficiente de Variación:													10.89%	

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% fibra de maguey, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene los valores de deformaciones unitarias requeridas para el cálculo del módulo de corte cuyo valor promedio es de 51.46 kg/cm², una desviación estándar de 5.60 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 10.89%.

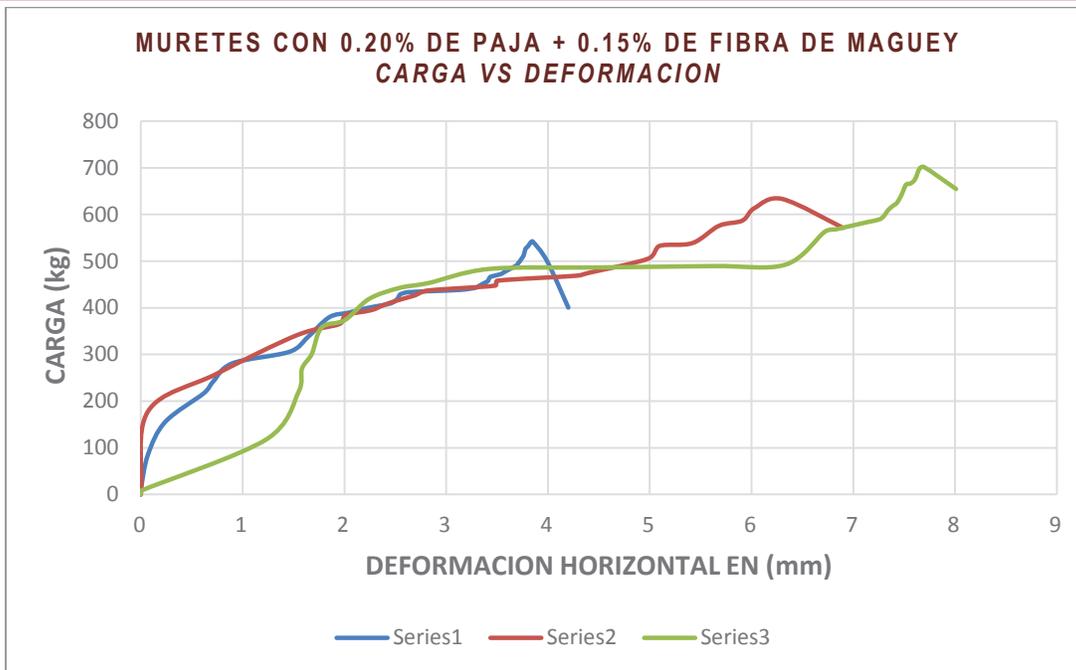


Figura 57. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 4.

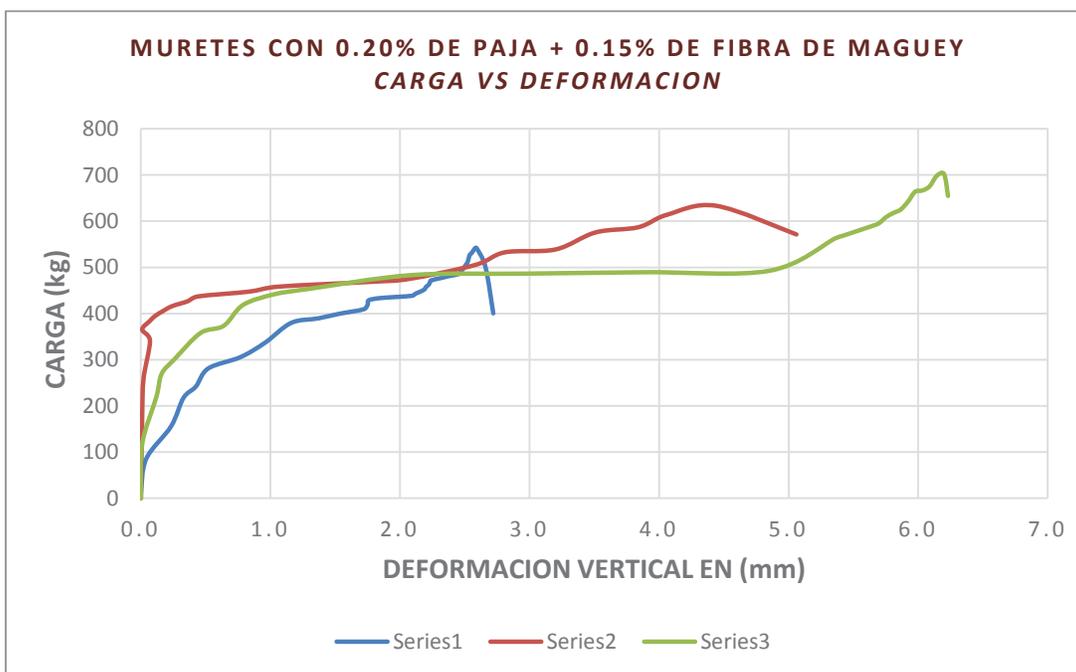


Figura 58. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 4.



Tabla 86. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 4.

DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)				DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	2.59	0.04	0.50	M - 01	3.85	0.07	0.85
M - 02	4.44	0.01	0.06	M - 02	6.30	0.04	1.30
M - 03	6.20	0.01	0.44	M - 03	7.70	1.09	1.76

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 87. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 4.

ESP.	Carga (Kg)	Area (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Vm (kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(°)	Gm (kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	LH (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	542.08	1299.06	81.31	271.04	189.73	0.1461	0.46	400	0.001141	0.79	400	0.001963	0.0031	47.05
M - 02	633.36	1313.18	95.00	316.68	221.68	0.1688	0.05	400	0.000125	1.26	400	0.003151	0.0033	51.53
M - 03	701.68	1323.52	105.25	350.84	245.59	0.1856	0.43	400	0.001066	0.67	400	0.001682	0.0027	67.51
Promedio Módulo de Corte (kg/cm²):													55.36	
Desviación Estándar σ (kg/cm²):													8.78	
Coefficiente de Variación:													15.87%	

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.15% fibra de maguey, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene los valores de deformaciones unitarias requeridas para el cálculo del módulo de corte cuyo valor promedio es de 55.36 kg/cm², una desviación estándar de 8.78 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 15.87%.

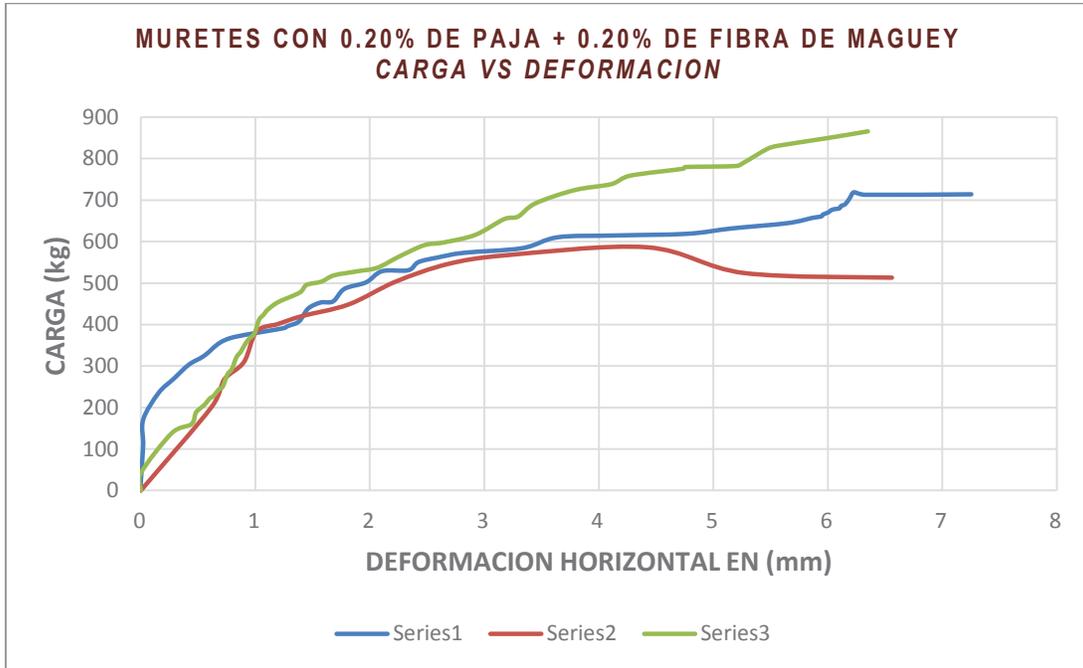


Figura 59. Carga vs. Deformación Horizontal de muretes de adobe de muestra Tipo 5.

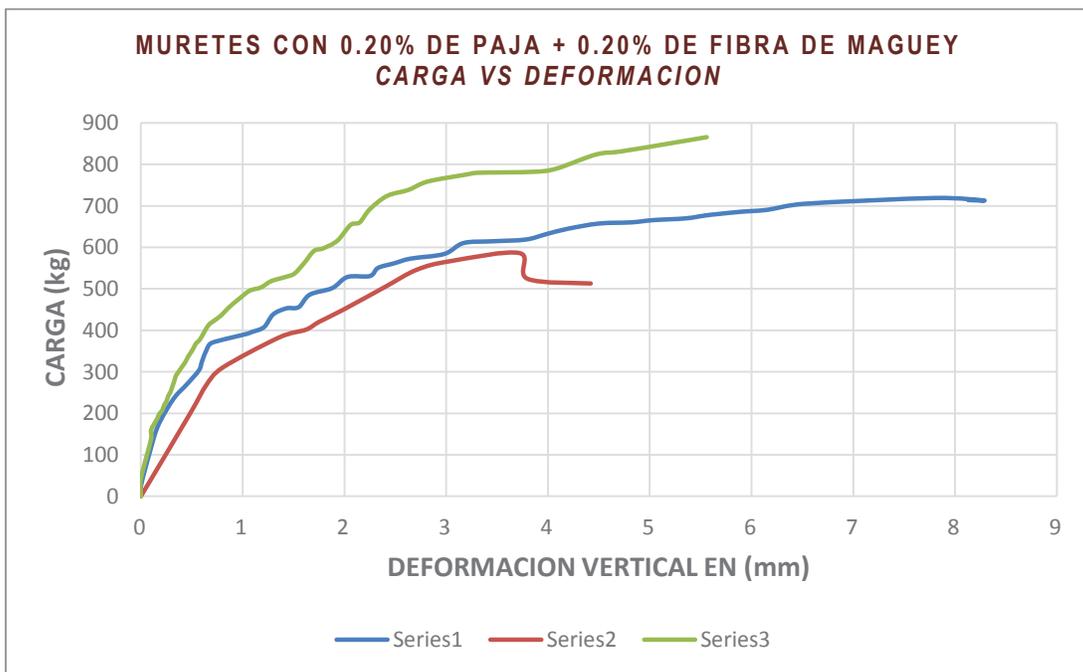


Figura 60. Carga vs. Deformación Vertical de muretes de adobe de muestra Tipo 5.



Tabla 88. Deformaciones unitarias de muretes de adobe Tipo 5.

DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)				DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	7.81	0.09	0.66	M - 01	6.23	0.02	0.72
M - 02	3.72	0.21	0.74	M - 02	4.42	0.27	0.83
M - 03	5.56	0.09	0.77	M - 03	6.35	0.25	1.10

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 89. Módulo de corte en muretes de adobe Tipo 5.

ESP.	Carga (Kg)	Area (cm ²)	P (15%)	P (50%)	ΔP (kg)	Vm (kg/cm ²)	Deformación Unitaria - Vertical			Deformación Unitaria - Horizontal			(Y)	Gm (kg/cm ²)
							ΔD (mm)	Lv (mm)	ε1 (mm/mm)	ΔD (mm)	LH (mm)	ε2 (mm/mm)		
M - 01	719.04	1331.20	107.86	359.52	251.66	0.1891	0.57	400	0.001436	0.70	400	0.001757	0.0032	59.21
M - 02	586.32	1323.52	87.95	293.16	205.21	0.1551	0.52	400	0.001312	0.56	400	0.001407	0.0027	57.02
M - 03	865.76	1311.91	129.86	432.88	303.02	0.2310	0.68	400	0.001701	0.85	400	0.002134	0.0038	60.23
Promedio Módulo de Corte (Kg/cm²):													58.82	
Desviación Estándar σ (Kg/cm²):													1.34	
Coefficiente de Variación:													2.28%	

Fuente: Elaboración Propia

Con los resultados obtenidos en los ensayos de compresión diagonal de muretes de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja + 0.20% fibra de maguey, se graficaron las curvas de Carga vs Deformación para cada muestra, de donde se obtiene los valores de deformaciones unitarias requeridas para el cálculo del módulo de corte cuyo valor promedio es de 58.82 kg/cm², una desviación estándar de 1.34 kg/cm² y un coeficiente de variación (dispersión) de 2.28%.

Tabla 90. Módulo de corte promedio de muretes de adobe por tipo.

Tipo de Muestra	Promedio Módulo de Corte Gm (kg/cm ²)	Desviación estándar σ (kg/cm ²)	Coefficiente de variación (Dispersión)
1	53.19	4.41	8.29%
2	48.97	10.50	21.44%
3	51.46	5.60	10.89%
4	55.36	8.78	15.87%
5	58.82	1.34	2.28%

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2.3 Forma de falla en muretes

Según Diego, Sonia, & Carlos (2009), de acuerdo con el aspecto visual del muro existen tres tipos de falla que se describen a continuación:

a. Falla por adherencia.

Corresponde a aquella falla en que el agrietamiento se inicia y propaga por las juntas, y se genera cuando la resistencia de las unidades es mayor en relación con la resistencia de adherencia del mortero a las unidades. Por lo que la falla va por las juntas.

b. Falla combinada.

Se presenta normalmente cuando la resistencia a la tensión de las unidades es menor en relación con la resistencia de adherencia del mortero a las unidades. Se caracteriza porque los muros presentan agrietamiento y ruptura de algunas de sus unidades al igual que del mortero.

c. Falla semi - diagonal.

Se observa cuando el esfuerzo resistente a la tensión de las unidades es parecido a la adherencia entre unidades y mortero; se da un modo de falla mixto en que el agrietamiento diagonal se da tanto en las unidades como en las juntas.

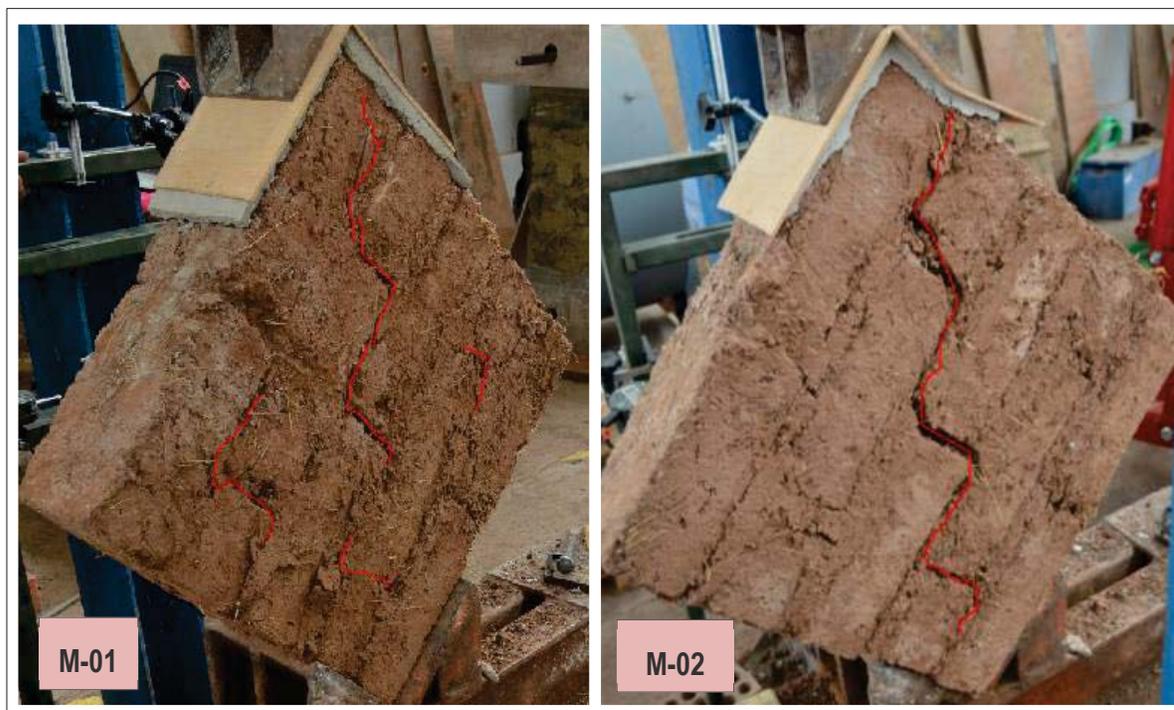


Figura 61. Falla por adherencia de muretes Tipo 1, muestras (M-01, M-02).

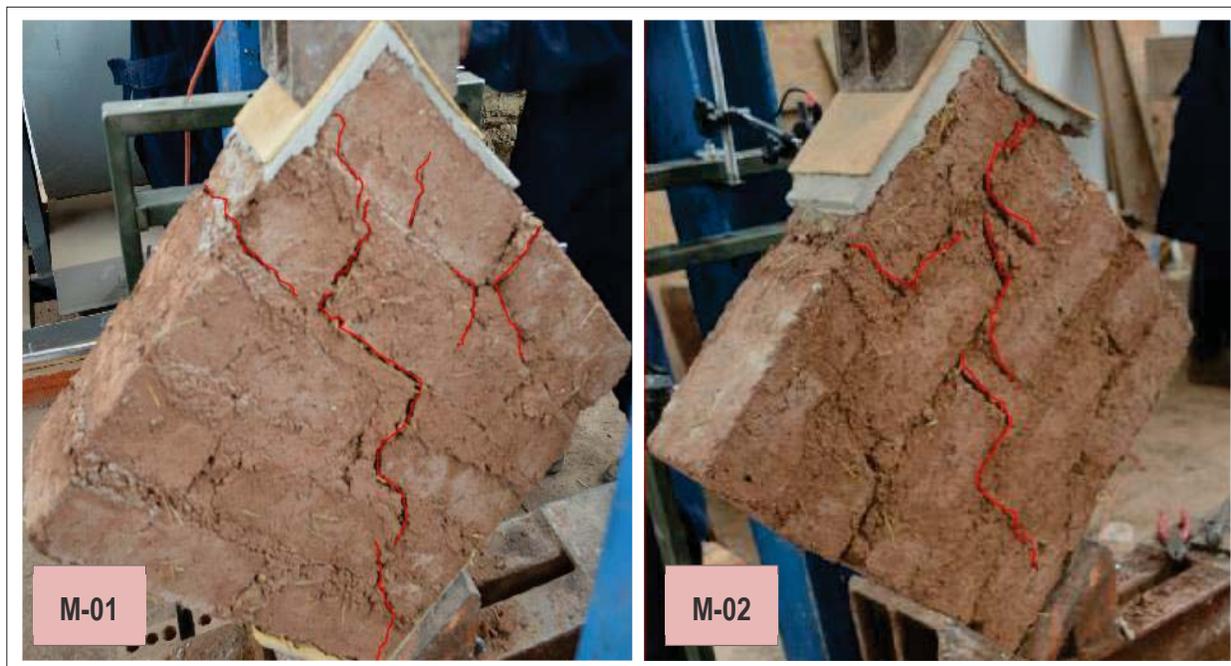


Figura 62. Falla por adherencia de muretes Tipo 2, muestras (M-01, M-02).

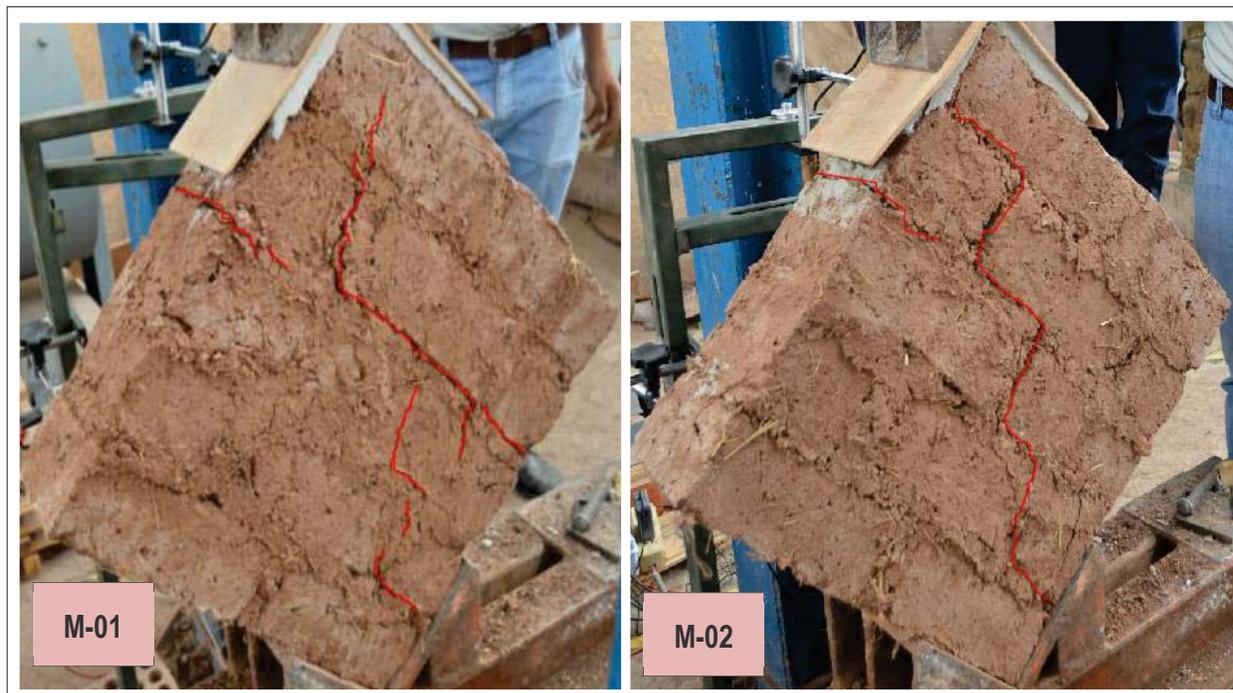


Figura 63. Falla por adherencia de muretes Tipo 3, muestras (M-01, M-02).

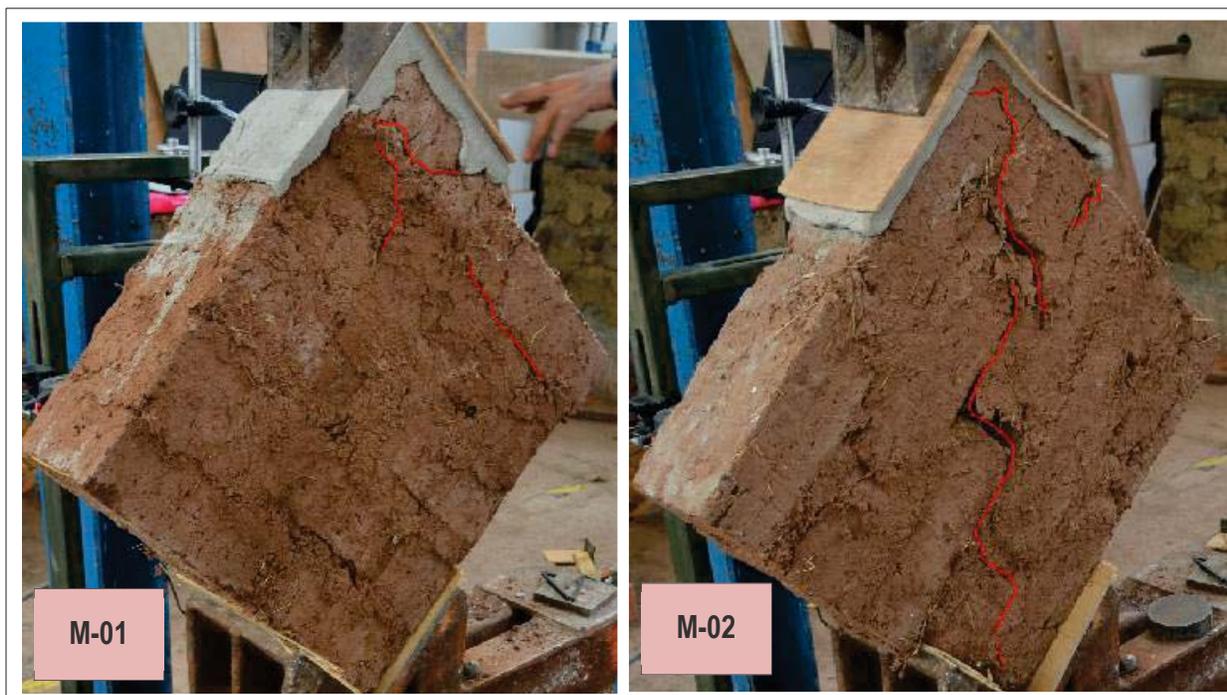


Figura 64. Falla por adherencia de muretes Tipo 4, M-01 y M-02 respectivamente.

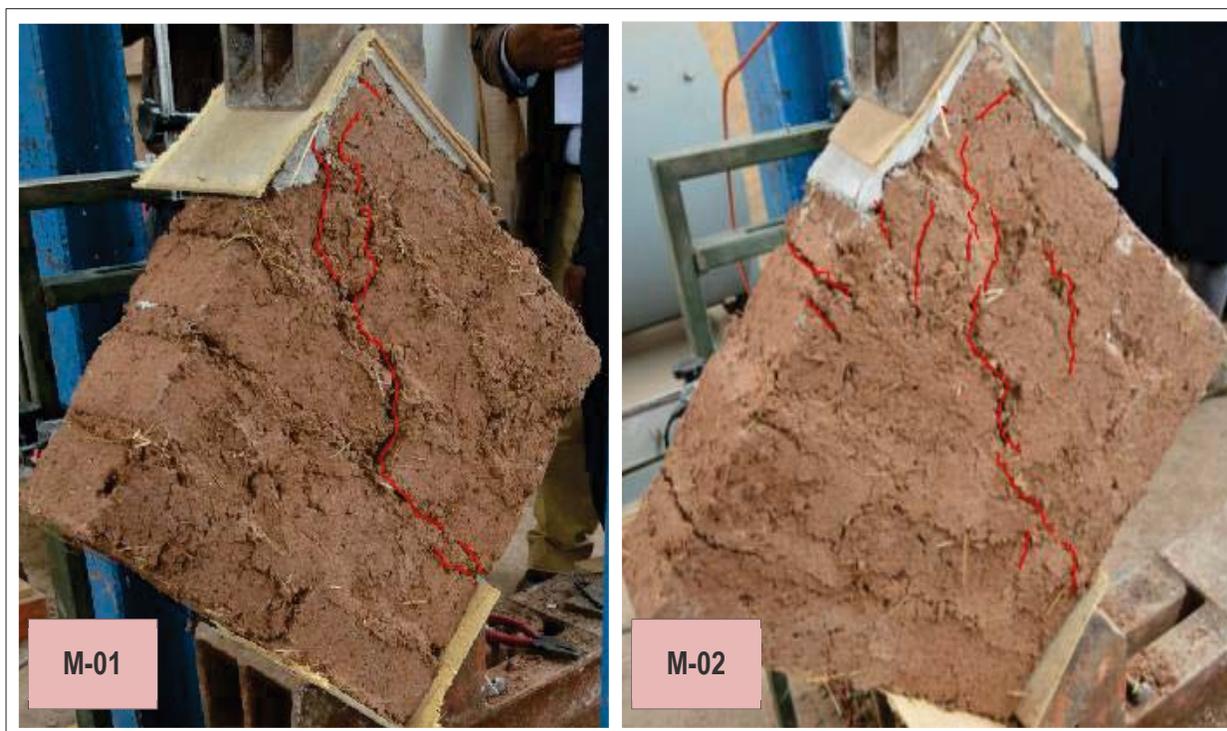


Figura 65. Falla semi - diagonal de muretes Tipo 5, muestras (M-01, M-02).

CAPITULO VI: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

6.1 ANALISIS DE RESULTADOS DE LAS UNIDADES DE ADOBE

A continuación, se muestra en un resumen en barras estadísticas de los resultados obtenidos del procesamiento de datos de la presente investigación.

6.1.1 Análisis comparativo de la resistencia a compresión

Se realiza la comparación de resistencias a compresión de las unidades de adobe mediante los gráficos siguientes:

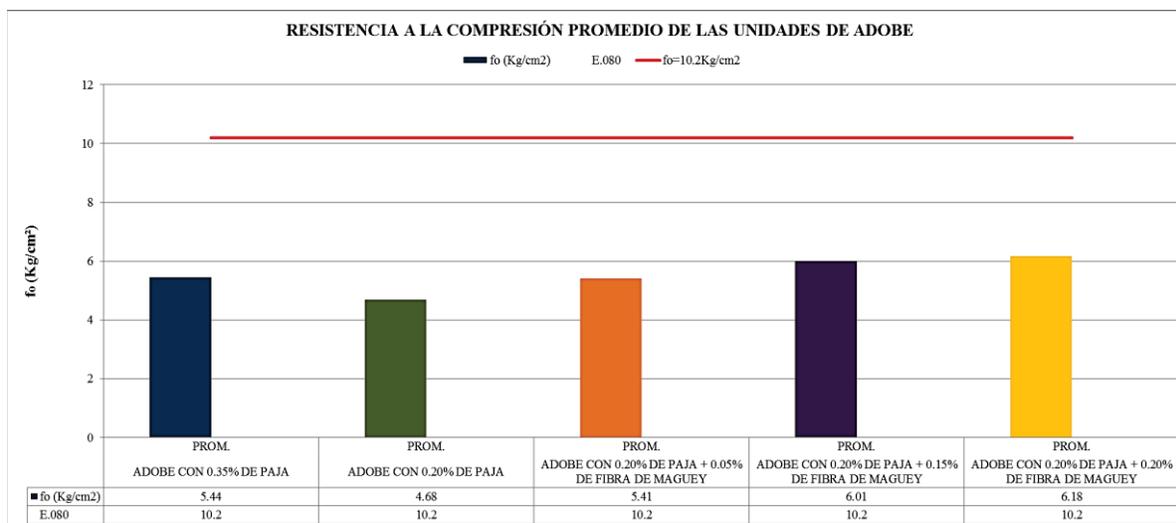


Figura 66. Resistencia a compresión simple promedio de unidades de adobe por tipo.

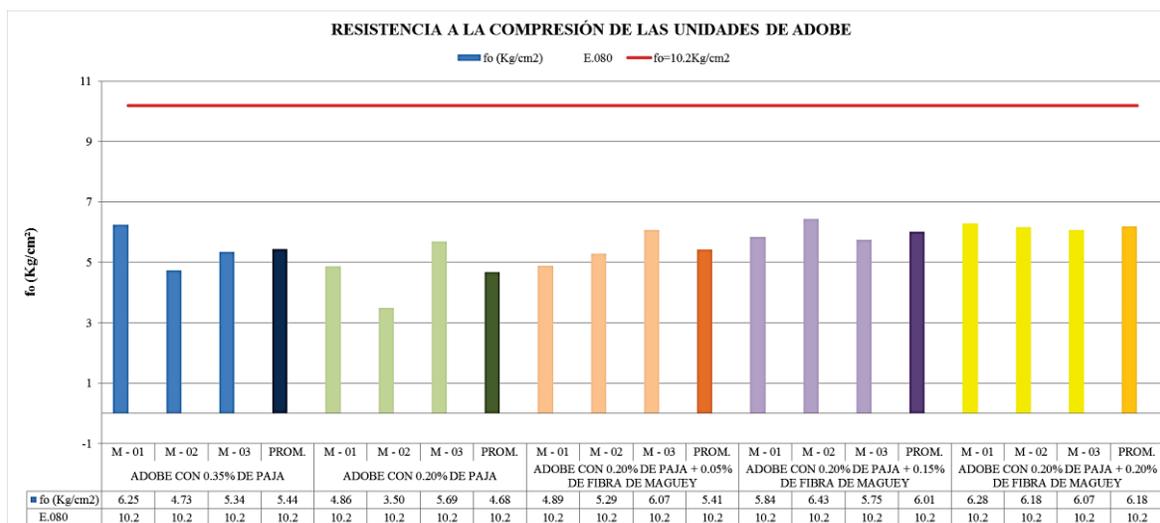


Figura 67. Resistencia a compresión de unidades de adobe.



En la Figura 66, la resistencia a compresión de las unidades de adobe con 0.35% de paja se incrementa en un 16.13% con respecto a la resistencia a compresión de las unidades de adobe con 0.20% de paja. Además, las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey presentan incremento de resistencia a compresión en 15.59%, 28.21% y 31.86% respectivamente frente a la resistencia a compresión de unidades de adobe con 0.20% de paja. Se observa que al incrementar 0.15% de fibra de maguey en las unidades de adobe con 0.20% de paja, la resistencia a compresión es mayor en 12.08% con respecto al incremento de 0.15% de paja en las unidades de adobe con 0.20% de paja (adobe con 0.35% de paja).

En la Figura 67, todos los valores obtenidos de resistencia a compresión son menores a los que indica la Norma E.080, donde la resistencia a compresión mínima de las unidades de adobe es de 10.2 kg/cm². Esto se debe a que las unidades de adobe ensayadas tienen una esbeltez promedio de 2.78, mientras que el valor mínimo de 10.2 kg/cm² de la Norma E.080 corresponde a muestras con esbeltez de 1.00.

6.1.2 Análisis comparativo de la resistencia a tracción

Se realiza la comparación de resistencias a tracción de las unidades de adobe mediante los gráficos siguientes:

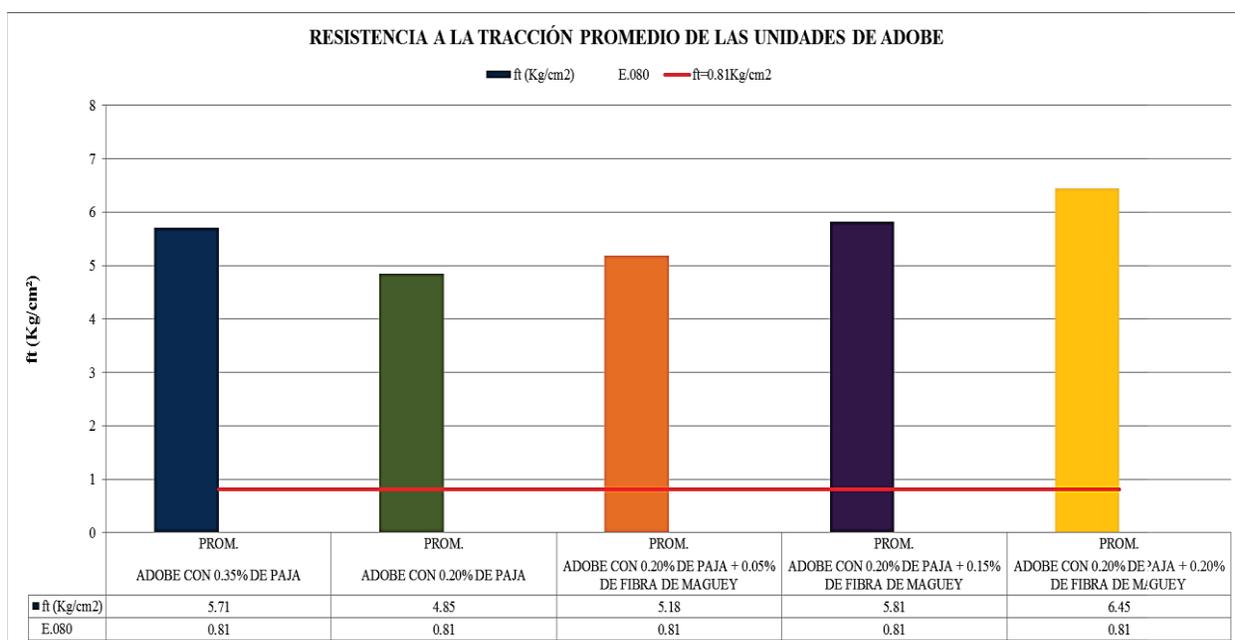


Figura 68. Resistencia a tracción promedio de unidades de adobe por tipo.

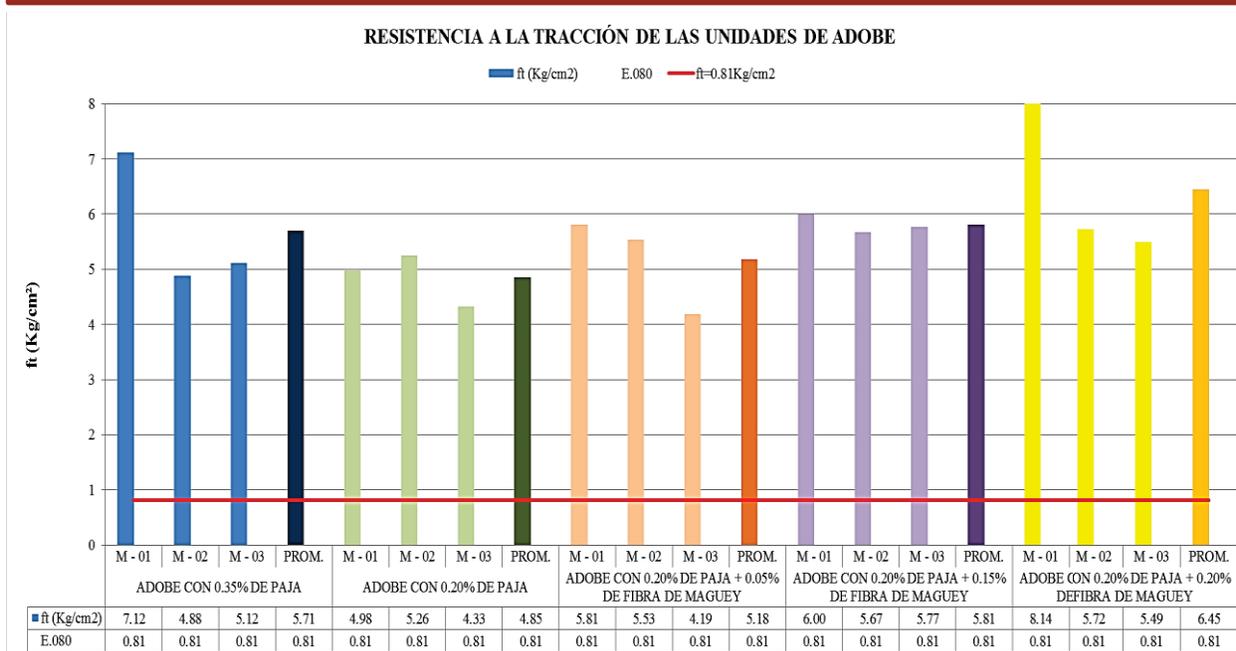


Figura 69. Resistencia a tracción de unidades de adobe.

En la Figura 68, la resistencia a tracción de las unidades de adobe con 0.35% de paja se incrementa en un 17.57% con respecto a la resistencia a tracción de las unidades de adobe con 0.20% de paja. Además, las unidades de adobe con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey presentan incremento de resistencia a tracción en 6.71%, 19.81% y 32.91% respectivamente frente a la resistencia a tracción de unidades de adobe con 0.20% de paja. Se observa que al incrementar 0.15% de fibra de maguey en las unidades de adobe con 0.20% de paja, la resistencia a tracción es mayor en 2.24% con respecto al incremento de 0.15% de paja en las unidades de adobe con 0.20% de paja (adobe con 0.35% de paja).

En la Figura 69, todos los valores obtenidos de resistencia a tracción son mayores a lo establecido por la Norma E.080, donde la resistencia a tracción mínima de las unidades de adobe es de 0.81 kg/cm².



6.2 ANALISIS DE RESULTADOS DEL MORTERO DE BARRO

6.2.1 Análisis comparativo de la resistencia del mortero a compresión

Se realiza la comparación de resistencias del mortero a compresión mediante los gráficos siguientes:

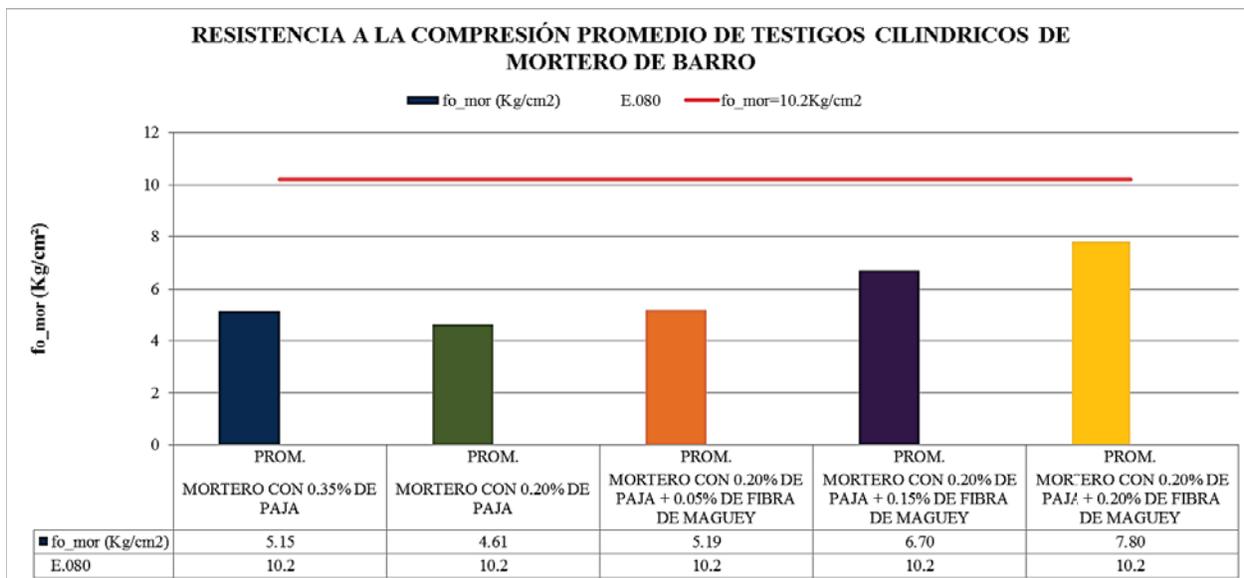


Figura 70. Resistencia a compresión promedio de testigos de mortero de barro por tipo.

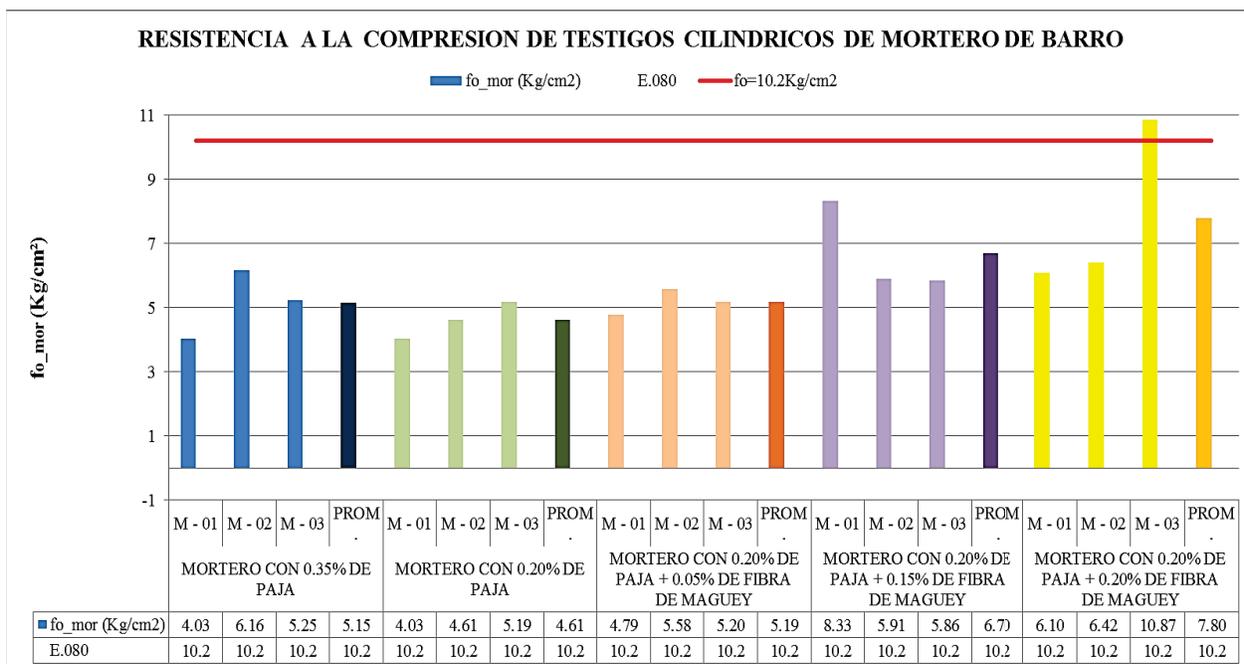


Figura 71. Resistencia a compresión de testigos de mortero de barro.



En la Figura 70, la resistencia del mortero a compresión con 0.35% de paja se incrementa en un 11.56% con respecto a la resistencia del mortero a compresión con 0.20% de paja. Además, los morteros de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, presentan incremento de la resistencia del mortero en 12.48%, 45.22% y 68.99% respectivamente frente a la resistencia a compresión del mortero de barro con 0.20% de paja. Se observa que al incrementar 0.15% de fibra de maguey en el mortero de barro con 0.20% de paja, la resistencia a compresión es mayor en 33.66% con respecto al incremento de 0.15% de paja en el mortero de barro con 0.20% de paja (mortero de barro con 0.35% de paja).

En la Figura 71, la Norma E.080, no establece el valor a la compresión mínima de mortero de barro, se asume que dicho valor tiene que ser igual al de resistencia a la compresión de las unidades de adobe (10.2 kg/cm²). Los valores de todos los ensayos realizados son menores al de la norma. Esto se debe a que los testigos cilíndricos de mortero de barro tienen una esbeltez promedio de 2.00, mientras que el valor mínimo de 10.2 kg/cm² de la Norma E.080 corresponde a muestras con esbeltez de 1.00.

6.2.2 Análisis comparativo del esfuerzo de adherencia del mortero

Se realiza la comparación del esfuerzo de adherencia del mortero mediante los gráficos siguientes:

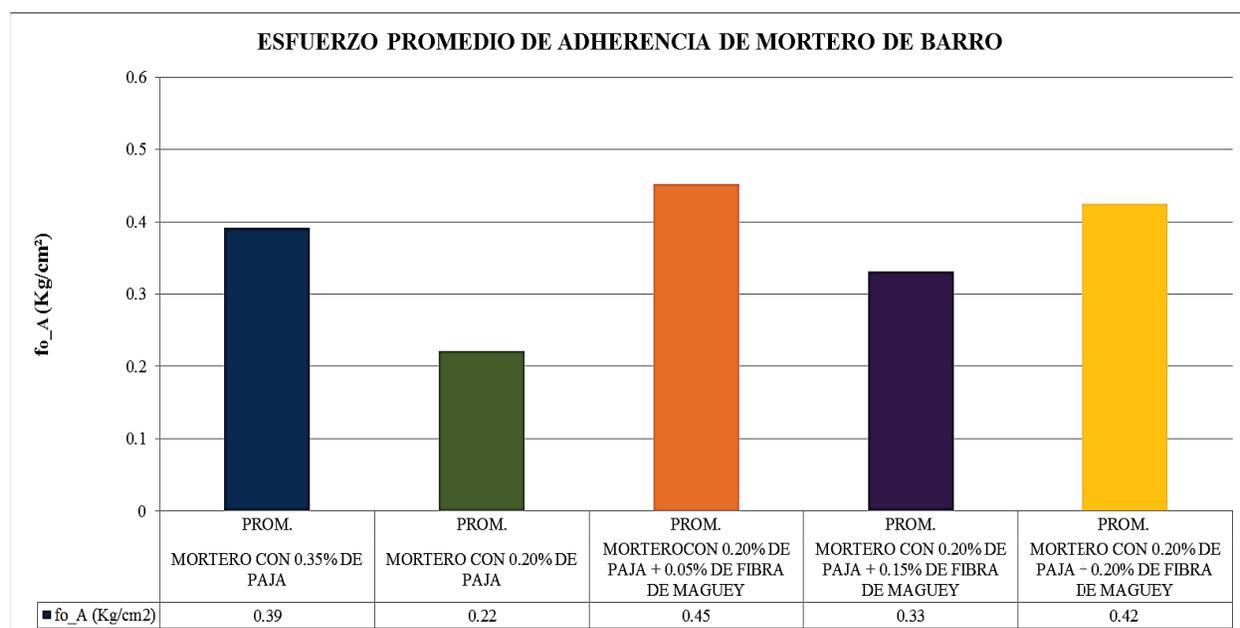


Figura 72. Esfuerzo promedio de prueba de adherencia en unidades de tres piezas por tipo.

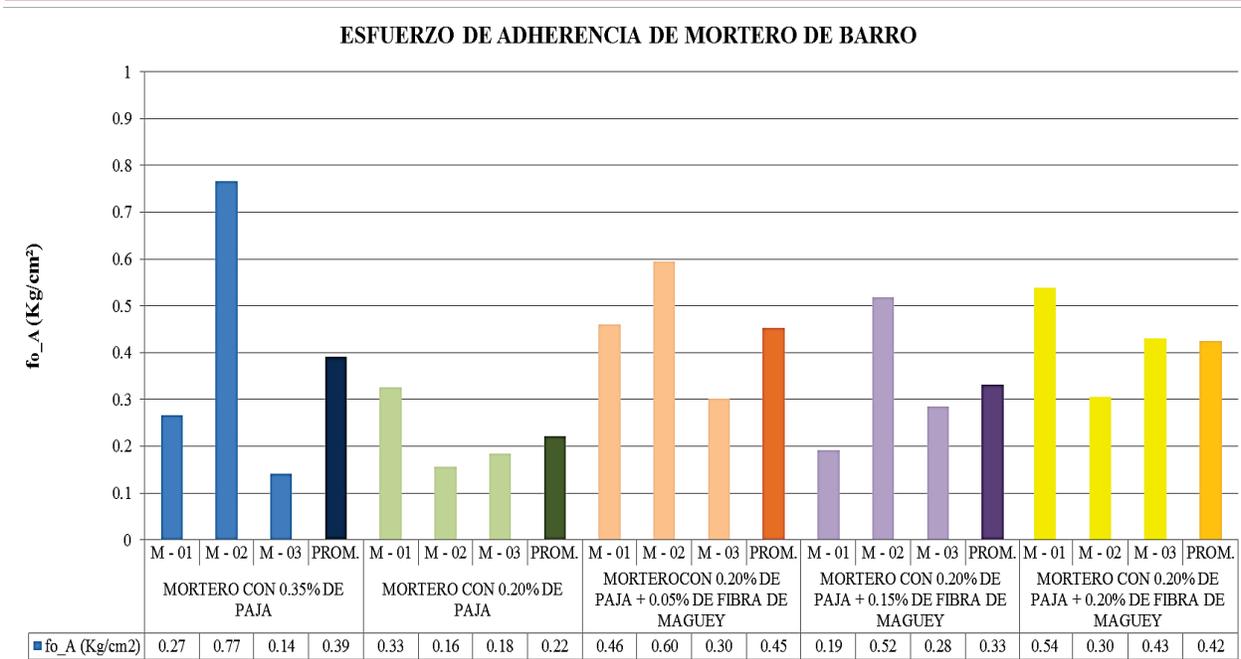


Figura 73. Esfuerzo de prueba de adherencia en unidades de tres piezas.

En la Figura 72, se observa incremento del esfuerzo de adherencia de 76.43% en el mortero de barro con 0.35% de paja con respecto al mortero de barro con 0.20% de paja. Además, los morteros de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey, presentan incremento del esfuerzo de adherencia en 103.96%, 49.36% y 91.40% respectivamente frente al esfuerzo de adherencia del mortero de barro con 0.20% de paja.

En la Figura 73, la norma E.080 no contempla este tipo de ensayo. Se puede observar que se presentan valores de esfuerzo a la adherencia muy dispersos. Esta dispersión o variación se debe netamente al proceso constructivo de las probetas de tres piezas, al pegado con mortero de las unidades de adobe.



6.3 ANALISIS DE RESULTADOS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE

6.3.1 Análisis comparativo de la resistencia a compresión axial en pilas

Se realiza la comparación de resistencias a compresión axial de pilas mediante los gráficos siguientes:

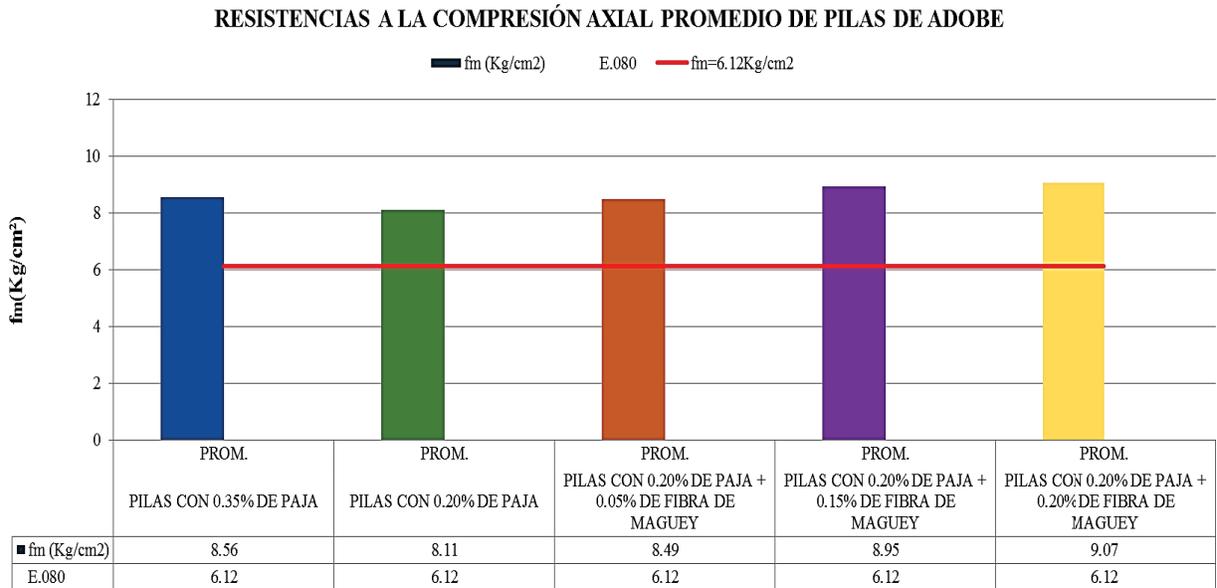


Figura 74. Resistencia a compresión axial promedio de pilas de adobe por tipo.

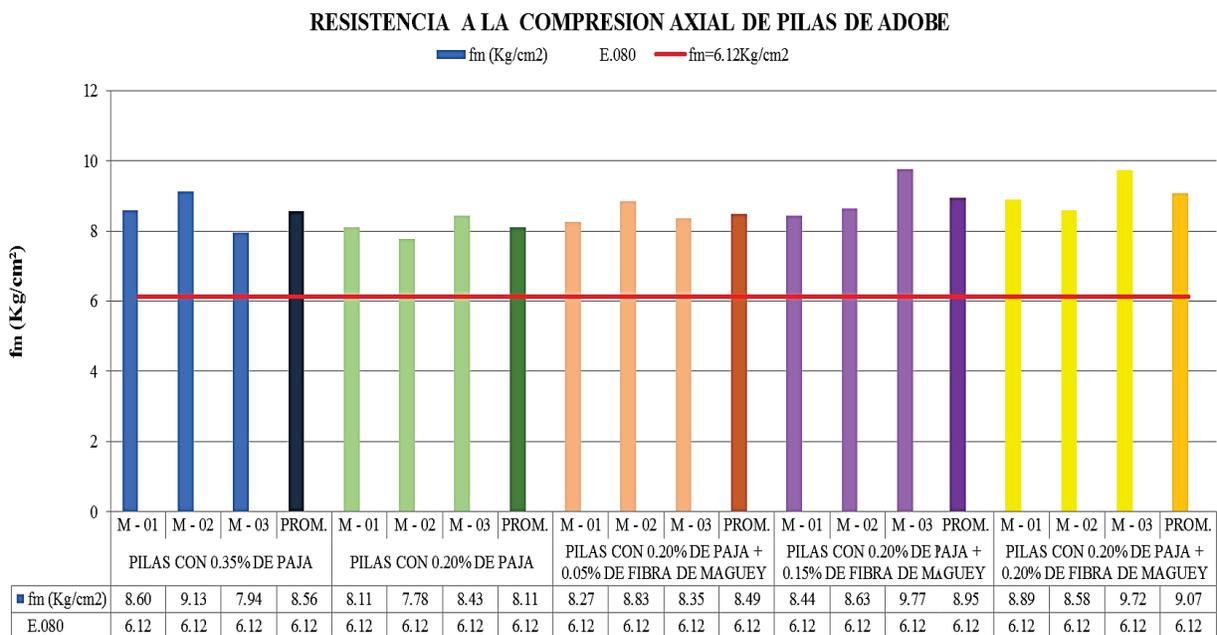


Figura 75. Resistencia a compresión axial de pilas de adobe.



En la Figura 74, la resistencia a compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.35% de paja se incrementa en un 5.55% con respecto a la resistencia a compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja. Además, las pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey presentan incremento de resistencia a compresión axial en 4.64%, 10.37% y 11.79% respectivamente frente a la resistencia a compresión axial en pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja. Se observa que al incrementar 0.15% de fibra de maguey en las unidades de adobe y mortero con 0.20% de paja, la resistencia a compresión axial en pilas es mayor en 4.82% con respecto al incremento de 0.15% de paja en las unidades de adobe y mortero con 0.20% de paja (0.35% de paja).

En la Figura 75, los valores obtenidos de resistencia a compresión axial son mayores al establecido por la Norma E.080, donde la resistencia a compresión axial es de 6.12 kg/cm².

La dispersión de resultados se debe netamente al proceso constructivo.

6.3.2 Análisis comparativo del módulo de elasticidad en pilas

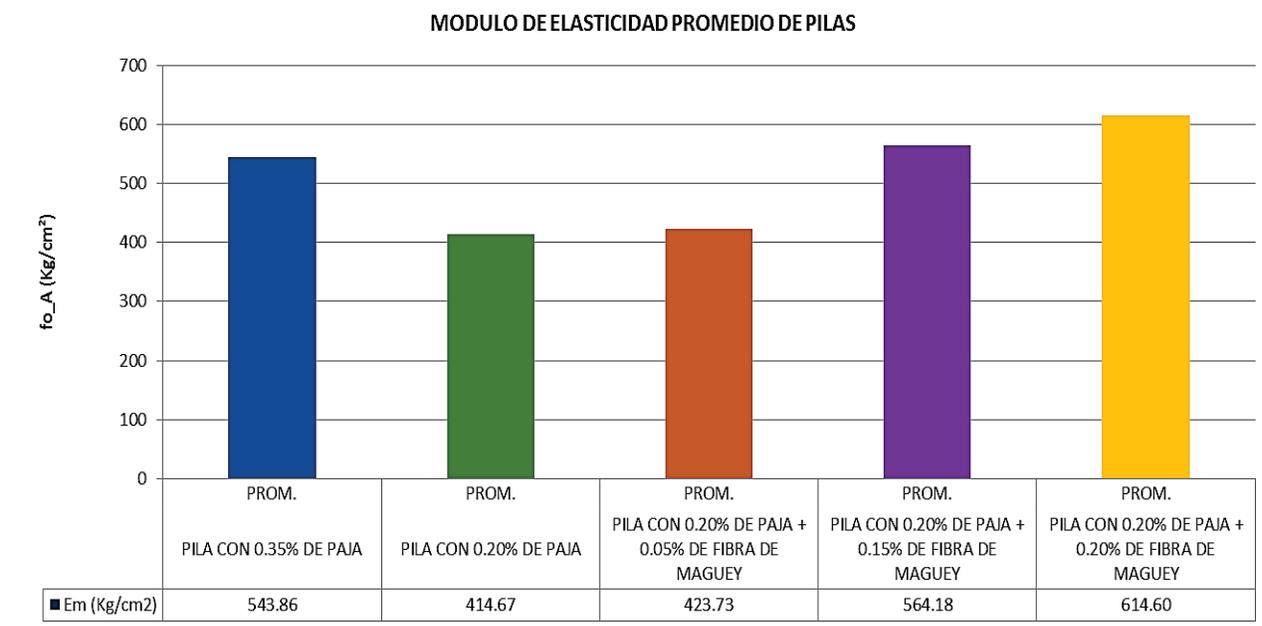


Figura 76. Módulo de elasticidad promedio de pilas de adobe por tipo.

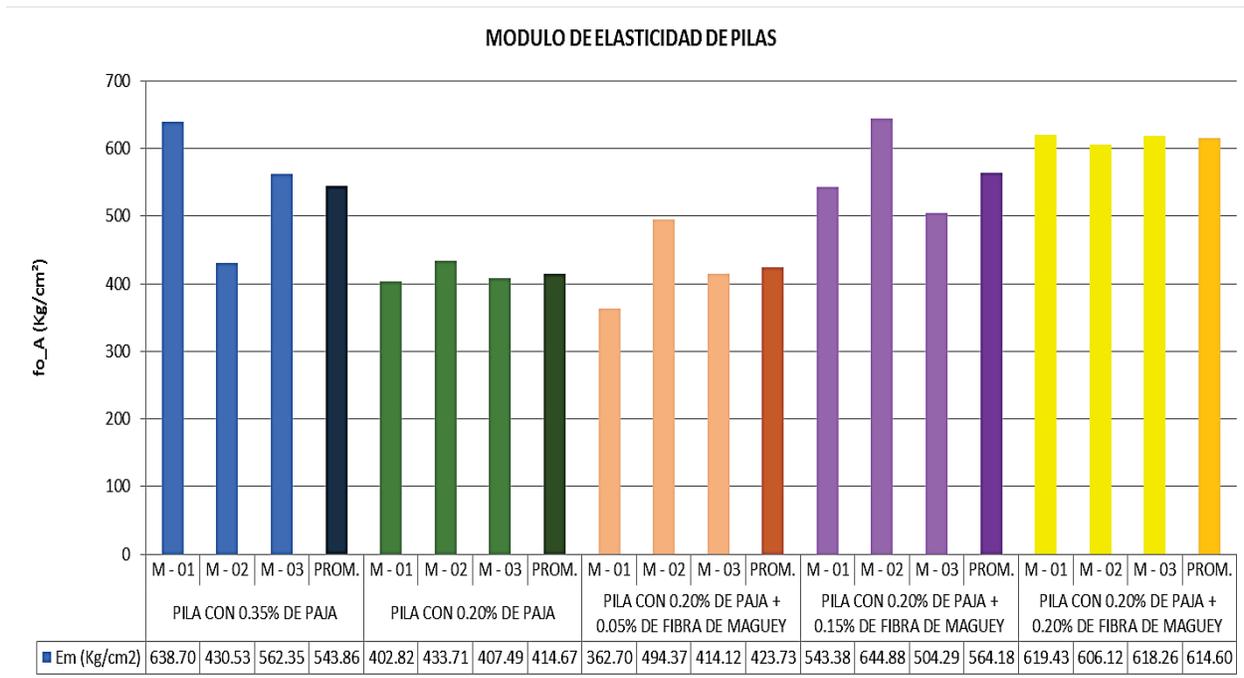


Figura 77. Módulo de elasticidad de pilas de adobe.

En la Figura 76, el módulo de elasticidad en pilas de adobe con mortero de barro con 0.35% de paja se incrementa en un 31.15% con respecto al módulo de elasticidad de pilas de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja. Además, las pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey presentan incremento de módulo de elasticidad en 2.18%, 36.06% y 48.21% respectivamente frente al módulo de elasticidad de las pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja. Se observa que el incremento de 0.15% de fibra de maguey en las unidades de adobe con mortero con 0.20% de paja, el módulo de elasticidad de las pilas es mayor en 4.90% con respecto al incremento de 0.15% de paja en las unidades de adobe con mortero con 0.20% de paja (0.35% de paja).

En la Figura 77, los valores obtenidos de módulo de elasticidad de cada espécimen muestran cierta dispersión de resultados que se debe principalmente al proceso constructivo.



6.3.3 Análisis comparativo de la resistencia a compresión diagonal en muretes

Se realiza la comparación de resistencias a compresión diagonal en muretes mediante los gráficos siguientes:

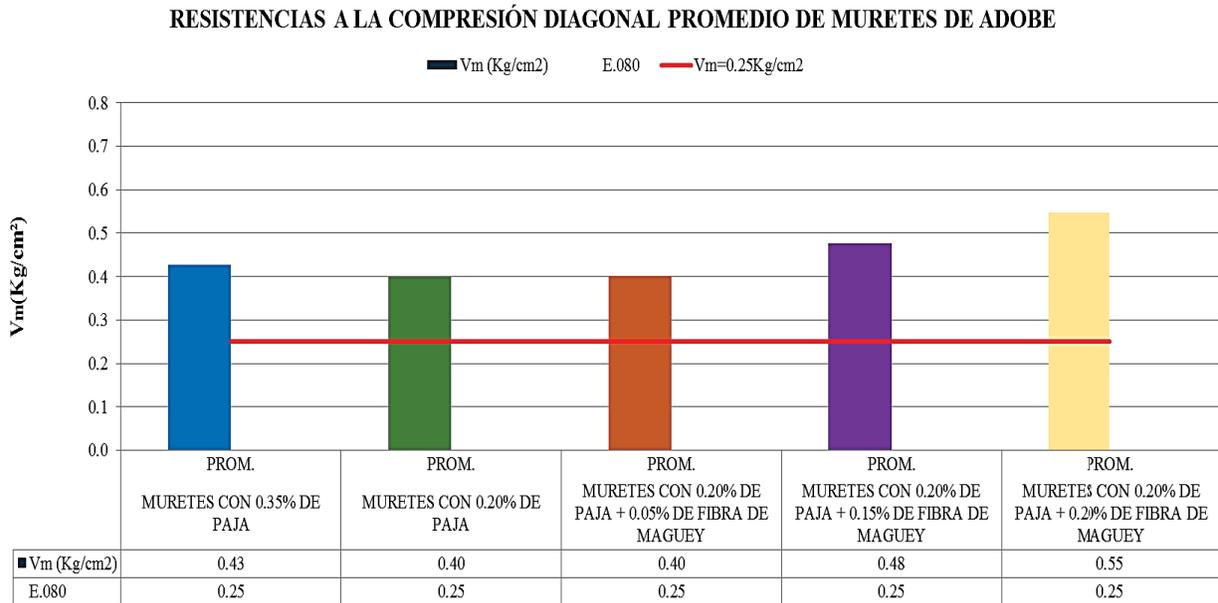


Figura 78. Resistencia a compresión diagonal promedio de muretes de adobe por tipo.

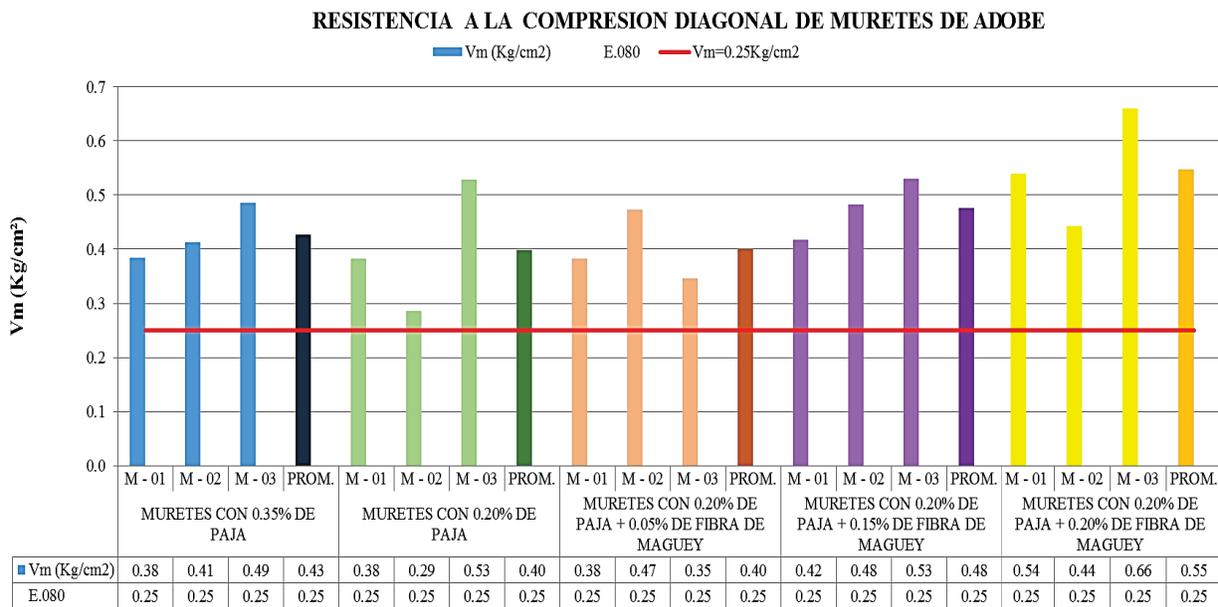


Figura 79. Resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe.

En la Figura 78, la resistencia a compresión diagonal en muretes de adobe y mortero de barro con 0.35% de paja se incrementa en un 7.25% con respecto a la resistencia a compresión diagonal en



muretes de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja. Además, los muretes de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey presentan incremento de resistencia a compresión diagonal en 0.50%, 19.54% y 37.38% respectivamente frente a la resistencia a compresión diagonal de muretes de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja. Se observa que al incrementar 0.15% de fibra de maguey en las unidades de adobe y mortero con 0.20% de paja, la resistencia a compresión diagonal de muretes es mayor en 12.29% con respecto al incremento de 0.15% de paja en las unidades de adobe y mortero con 0.20% de paja (0.35% de paja).

En la Figura 79, los valores obtenidos de resistencia a compresión diagonal son mayores al establecido por la Norma E.080, donde la resistencia a compresión diagonal en muretes es de 0.25 kg/cm². La dispersión de resultados se debe netamente al proceso constructivo.

6.3.4 Análisis comparativo del módulo de corte en muretes

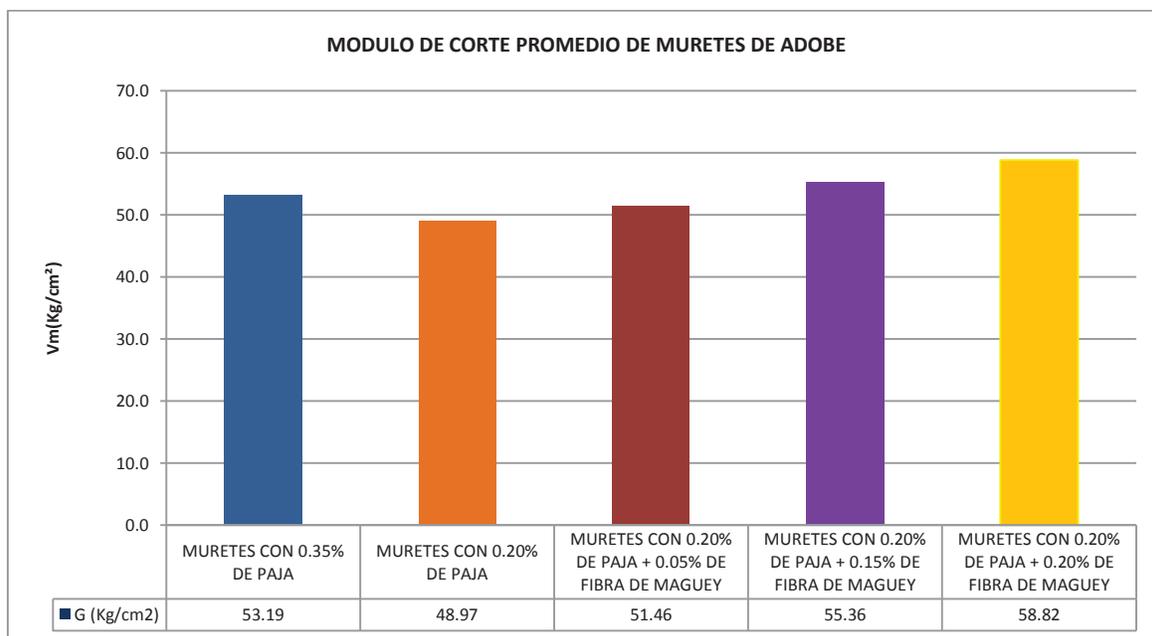


Figura 80. Módulo de corte promedio de muretes de adobe por tipo.

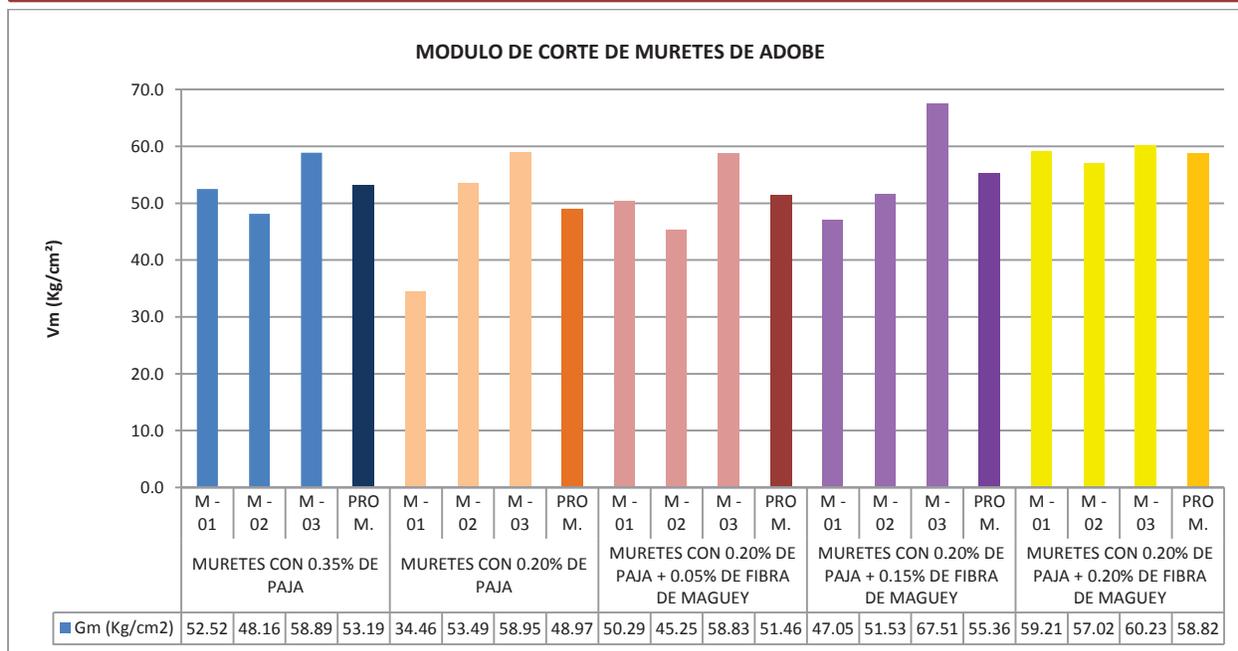


Figura 81. Módulo de corte de muretes de adobe.

En la Figura 80, el módulo de corte en muretes de adobe con mortero de barro con 0.35% de paja se incrementa en un 8.62% con respecto al el módulo de corte en muretes de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja. Además, las pilas de adobe y mortero de barro con 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey, 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey y 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey presentan un incremento del módulo de corte en 5.09%, 13.06% y 20.12% respectivamente frente al módulo de corte en muretes de adobe con mortero de barro con 0.20% de paja. Se observa que el incremento de 0.15% de fibra de maguey en las unidades de adobe y mortero con 0.20% de paja, el módulo de corte en muretes es mayor en 4.44% con respecto al incremento de 0.15% de paja en las unidades de adobe con mortero con 0.20% de paja (0.35% de paja).

En la Figura 81, los valores obtenidos del módulo de corte en muretes de cada espécimen muestran cierta dispersión de resultados que se debe principalmente al proceso constructivo.



CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

Conclusión 01:

La fibra de maguey mejora significativamente las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, la adición de fibra de maguey en 0.20% (muestra Tipo 5) aporta 11.79% de resistencia a compresión axial en pilas y de 37.38% de resistencia a compresión diagonal en muretes en comparación a la resistencia de la muestra de base (muestra Tipo 2) con solamente 0.20% de paja. Se obtuvo un valor máximo de resistencia a compresión axial promedio en pilas de 9.07 kg/cm² (del Tipo 5) y un mínimo de 8.11 kg/cm² (del Tipo 2); la dispersión máxima corresponde a la muestra Tipo 4 con 6.56% y desviación estándar de 0.59, y la mínima al Tipo 3 con 2.92% y desviación estándar de 0.25 lo que indica que el ensayo fue preciso. En relación a la resistencia a compresión diagonal promedio en muretes se obtuvo un valor máximo de 0.55 kg/cm² del Tipo 5 y un mínimo de 0.40 kg/cm² del Tipo 2 y 3; la dispersión máxima corresponde a la muestra Tipo 2 con 24.97% y desviación estándar de 0.10 que significa que el ensayo fue poco precisa para estas muestras, y la mínima corresponde al Tipo 4 con 9.71% y desviación estándar de 0.05 lo que indica que el ensayo tuvo precisión aceptable. La fibra de maguey añadida en la misma proporción que la paja en 0.15%, es decir la muestra Tipo 1 (0.35% de paja = 0.20% de paja + 0.15% de paja) y la muestra Tipo 4 (0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey), en cuanto a la resistencia a compresión axial, la fibra de maguey supera a la paja en un 4.82% y en el caso de esfuerzo cortante es mayor en 12.29%, por lo que se puede decir que la fibra de maguey aporta mayor resistencia mecánica en comparación de la paja. Se obtuvo que la resistencia promedio a compresión axial de pilas de adobe de todas las muestras supera el mínimo requerido por la Norma E.080 que es de 6.12 Kg/cm². Así mismo la resistencia promedio a compresión diagonal de muretes de adobe de todas las muestras superó el mínimo indicado por la Norma E.080 que es de 0.25 Kg/cm².



Conclusión 02:

En los resultados de módulo de elasticidad en pilas y módulo de corte en muretes; primero se aprecia el incremento de valores de módulo de elasticidad a medida que se incrementa la cantidad de fibra de maguey, obteniendo un valor mínimo de 414.67 kg/cm² correspondiente a la muestra Tipo 2, llegando a un máximo de 614.60 kg/cm² de la muestra Tipo 5. La fibra de maguey añadida en 0.15% supera en 4.90% en módulo de elasticidad, a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra Tipo 1 con un valor de 15.81% y la desviación estándar de 85.98, que significa que el ensayo tuvo una precisión regular; y la mínima correspondiente al Tipo 5 con 0.98% y desviación estándar de 6.02, lo que indica que el ensayo fue preciso; segundo, en cuanto al módulo de corte se tiene un valor mínimo de 48.97 kg/cm² de la muestra Tipo 2, un máximo de 58.82 kg/cm² de la muestra Tipo 5. La fibra de maguey añadida en 0.15% supera en 4.44% en módulo de corte, a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra Tipo 2 con un valor de 21.44% y desviación estándar de 10.50% que significa que el ensayo fue poco preciso; y la mínima al Tipo 5 con 2.28% y desviación estándar de 1.34, lo que indica que el ensayo fue preciso. Entonces se puede concluir que la fibra de maguey mejora el módulo de elasticidad de pilas y el módulo de corte de muretes de adobe.

Conclusión 03:

La variación dimensional del adobe es mayor con respecto a la longitud del adobe, siendo mayor en la muestra del Tipo 2 con un valor de 3.00% y menor en el tipo 3 con 2.55%; la variación dimensional es menor con respecto a la altura con valores de 0.62% correspondientes al Tipo 1 y 2 a 0.76% de la muestra Tipo 5. La variación volumétrica es mayor para el Tipo 1 con 5.69% y menor para el Tipo 3 con 4.90%. Con los resultados obtenidos no se puede asegurar que la fibra de maguey influye en esta propiedad, ya que los valores son cercanos entre si y no hay una secuencia lógica en los valores a medida que se incrementa fibra de maguey, es más influencia de proceso constructivo.



Conclusión 04:

En cuanto a la absorción del adobe las muestras ensayadas se desintegraron parcial o total en un tiempo aproximado de 30 minutos, entonces se puede concluir que la fibra de maguey no tiene influencia en esta propiedad, la absorción estaría relacionada principalmente con el tipo de suelo, y en la presente investigación el suelo no favoreció con esta propiedad física.

Conclusión 05:

En los resultados del ensayo de resistencia a compresión simple de unidades de adobe se aprecia una secuencia lógica de valores de resistencia a medida del incremento de la cantidad de fibra de maguey, obteniendo un valor mínimo de resistencia promedio de 4.68 kg/cm² de la muestra Tipo 2 que es la base comparativa, llegando a un máximo de 6.18 kg/cm² de la muestra Tipo 5. La fibra de maguey añadida en 0.15% supera en 12.08% de resistencia, a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra Tipo 2 con un valor de 19.32% y desviación estándar de 0.91, que significa que el ensayo tuvo una precisión regular; y la mínima al Tipo 5 con 1.35% y desviación estándar de 0.08, lo que indica que el ensayo fue preciso. Entonces se concluye que la fibra de maguey mejora la resistencia a compresión del adobe.

Conclusión 06:

En la resistencia a tracción del adobe, la fibra de maguey mejoró esta propiedad, dado que se obtuvo un valor máximo de resistencia promedio de 6.45 kg/cm² correspondiente al Tipo 5 y un mínimo de 4.85 kg/cm² para el Tipo 2 y 3. Al igual que el caso anterior la fibra de maguey añadida en 0.15% supera en 2.24% de resistencia a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima corresponde a la muestra Tipo 5 con 18.59% y desviación estándar de 1.20, que significa que el ensayo tuvo una precisión regular y la mínima al Tipo 4 con 2.36% y desviación estándar de 0.14, lo que indica que el ensayo fue preciso.

Conclusión 07:

La fibra de maguey en el mortero de barro mejora su resistencia a compresión, se obtuvo un valor máximo de resistencia promedio de 7.80 kg/cm² del Tipo 5 y un mínimo de 4.61 kg/cm² para el Tipo 2 y 3. Al igual que el caso anterior la fibra de maguey añadida en 0.15% supera en 33.66% de resistencia a la paja añadida en la misma cantidad. La dispersión máxima corresponde a la muestra Tipo 5 con 27.95% y desviación estándar de



2.18 que significa que el ensayo fue poco preciso y la mínima al Tipo 3 con 6.25% y desviación estándar de 0.32, lo que indica que el ensayo fue preciso.

Conclusión 08:

En los resultados del ensayo de prueba de adherencia se aprecia que no existe una secuencia lógica de valores de resistencia a medida del incremento de la cantidad de fibra de maguey, el valor mínimo de resistencia promedio es de 0.22 kg/cm² correspondiente al Tipo 2 y un máximo de 0.45 kg/cm² de la muestra Tipo 3. La dispersión máxima que se obtuvo corresponde a la muestra Tipo 1 con un valor de 68.94% y la desviación estándar de 0.27, que significa que el ensayo tuvo muy poca precisión; y la mínima al Tipo 5 con 22.47 y desviación estándar de 0.10, lo que indica que el ensayo fue poco preciso; las dispersiones obtenidas son valores elevados que pueden ser debido a errores de procedimiento constructivo, manipulación de muestras. Por las dispersiones obtenidas no se puede concluir que la fibra de maguey influya en el esfuerzo de adherencia entre mortero y adobe para este ensayo.



7.2 RECOMENDACIONES

Recomendación 01:

Se recomienda controlar el proceso constructivo de especímenes para el estudio de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe, es decir se debe garantizar la verticalidad y horizontalidad de las pilas y muretes ya que estas influirán directamente en los valores de resistencia mecánica, debido a que estas deben ser construidas en las mismas condiciones para tener una menor dispersión de datos.

Recomendación 02:

Se recomienda que en la elaboración de las unidades de adobe se debe considerar la contracción que está puede sufrir con el proceso de secado, ya que esta variación influirá directamente en las dimensiones de pilas y muretes.

Recomendación 03:

Se recomienda realizar investigaciones en adobe donde se adicionen fibra de maguey en un porcentaje mayor a 0.20% en peso seco y se pueda obtener la cantidad optima de fibra de maguey, ya que con el estudio realizado se pudo apreciar una influencia positiva de la fibra de maguey en la mampostería de adobe.

Recomendación 04:

Se recomienda profundizar las investigaciones que permitan conocer más a fondo la influencia del maguey en el adobe; por ejemplo, conocer la influencia del extracto del maguey en las propiedades físicas y mecánicas de la mampostería de adobe.

Recomendación 05:

Se recomienda aplicar esta investigación en los campos pertinentes, para fomentar las investigaciones futuras con temas relacionados a la presente, para causar el menor impacto ambiental en cuanto al uso de tecnologías de materiales de construcción.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ELECTRÓNICAS

- Badillo, E. J., & Rodrigues, A. (1976). Mecanica De Suelos II. Mexico: Limusa .S.A.
- Benites, V. (2017). ADOBE ESTABILIZADO CON EXTRACTO DE CABUYA (FURCRAEA ANDINA). UNIVERSIDAD DE PIURA, Departamento de Ingeniería Civil, Pirura.
- Carmen, G. (2017). Impresión 3D con material a base de adobe. GPCT Gerencia, Proyectos, Construcción, Tecnología.
- Cid Falceto, J., & Cañas Guerrero, I. (s.f.). red construc tierra. Obtenido de http://www.construtierra.org/construtierra_documentos.html
- Comité Técnico de Normalización. (Noviembre de 2013). E.080 CONSTRUCCIÓN CON TIERRA. PROYECTO DE ACTUALIZACIÓN DE LA NORMA E.080 ADOBE. Lima, Lima, Peru.
- DANE. (2008). Estimación e Interpretacion del Coeficiente de Variación de la Encuesta Censosal. Dirección de Censos y Demografía, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Colombia.
- Diego, P., Sonia, P., & Carlos, M. (2009). ALTERNATIVA ESTRUCTURAL DE REFUERZO HORIZONTAL. Ingenierías Universidad de Medellín, Medellín - Colombia.
- Eddy, A., & Rosa, Q. (2017). CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DEL A D O B E EN EL CANTÓN CUENCA. UNIVERSIDAD DE CUENCA, FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO, Cuenca - Ecuador.
- Eva, C., & María, A. (2018). COMPARACIÓN DE PARÁMETROS MECÁNICOS Y FÍSICOS DEL ADOBE TRADICIONAL CON ADOBE REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO. UNIVERSIDAD DE CUENCA, FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO, CUENCA - ECUADOR.
- Griborio, C. (2017). Impresión 3D con material a base de adobe. GPCT Gerencia, Proyectos, Construcción, Tecnología.
- Llunitasig, & Siza. (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. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA, Ambato - Ecuador.

Mamani, R. (2014). ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL LINEAL Y NO LINEAL DEL MONUMENTO HISTÓRICO TEMPLO DE MISKA, PARA VERIFICAR LOS DAÑOS OCURRIDOS POR EL SISMO DE PARURO (CUSCO) EN SETIEMBRE DE 2014. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO, Facultad de Ingeniería Civil, Cusco.

Ministerio De Vivienda, Construccion Y Saneamiento . (1999). Norma E.080 Adobe. Lima, Lima, Peru.

Montoya, J. M. (2017). CONSTRUCCIÓN CON TIERRA, REVISIÓN Y SUSTENTO DE LOS ENSAYOS DE CAMPO:PRESENCIA DE ARCILLA O RESISTENCIA SECA Y CONTROL DE FISURACIÓN CON ARENA GRUESA. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ, FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA, Lima.

Rimac, N. (2016). Estudio de la resistencia a la compresión del adobe estabilizado, en 0.75% y 1%, del peso con fibra de agave (agave americana l.), en la localidad de Chiuipampa – Distrito de Huaraz – Departamento de Ancash. UNIVERSIDAD SAN PEDRO, Escuela de Ingeniería Civil, Ancash.

Rivera, C. (2016). APORTE DEL Agave americana A LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE JORAS-AYABACA-PIURA;PERÚ. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, ESCUELA DE POSGRADO MAESTRIA EN CIENCIAS AMBIENTALES.

Sampieri, R. H. (2014). Metodología De La Investigación. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.

San Bartolomé Ramos, A., Quiun, D., & Silva, W. (2014). Diseño y Construcción de Estructuras Sismoresistentes de Albañilería . Lima.

Vanessa, R., & Carlos, C. (2017). ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE LAS UNIDADES DE ADOBE TRADICIONAL FRENTE A



LAS UNIDADES DE ADOBE ESTABILIZADO CON ASFALTO. UNIVERSIDAD
ANDINA DEL CUSCO, FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA, CUSCO.

Vargas, L. (2016). DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA
MAMPOSTERÍA DE ADOBE, LADRILLO Y PIEDRA EN EDIFICACIONES
HISTÓRICAS PERUANAS. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ,
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA, Lima.

Vázquez, E. (2016). ESTUDIO COMPARATIVO USANDO ECOTECNOLOGÍAS EN
VIVIENDAS DE MADERA, ADOBE Y CONCRETO. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE CHIAPAS, FACULTAD DE INGENIERÍA.

Wikipedia. (13 de Julio de 2018). Wikipedia la enciclopedia libre. Obtenido de
<https://es.wikipedia.org/wiki/Agave>



ANEXOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

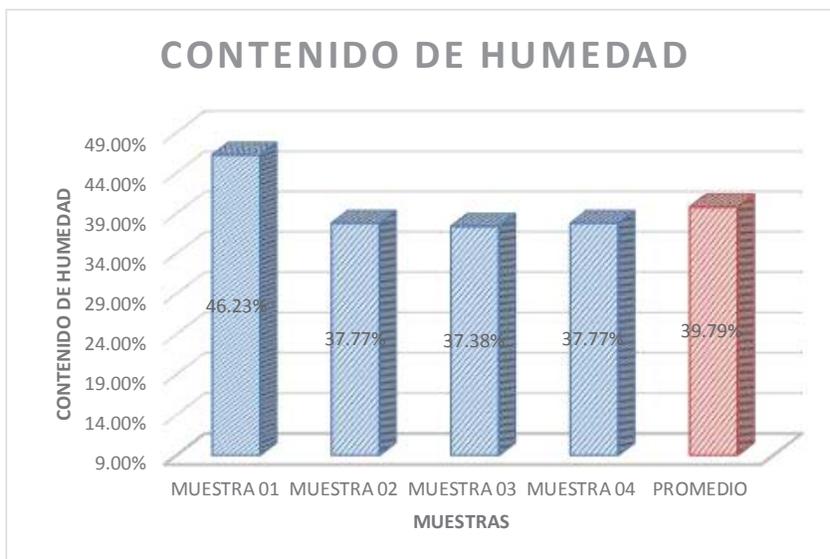
TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN ESTADO NATURAL

Basado en la Norma NTP 339.127, 1999.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula	Gr	54.24	31.80	37.50	31.80
Peso de Capsula + Muestra Húmeda	Gr	115.60	89.80	95.20	89.80
Peso de Capsula + Muestra Seca	Gr	96.20	73.90	79.50	73.90
Peso del Agua	Gr	19.40	15.90	15.70	15.90
Peso de la Muestra Seca	Gr	41.96	42.10	42.00	42.10
Contenido de Humedad	%	46.23%	37.77%	37.38%	37.77%



CONTENIDO DE HUMEDAD = 39.79%



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

PESO ESPECIFICO RELATIVO DEL SUELO

Basado en la Norma NTP 339.131, 1999.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRA 01
Peso suelo seco	Gr	54.00
Peso picnometro + Agua	Gr	662.13
Peso picnometro + Agua + Suelo seco	Gr	691.83
Peso Especifico de Solidos	Gr/Cm3	2.22

PESO ESPECÍFICO RELATIVO= 2.22 gr/cm3



"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN

BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL SUELO

NTP 399.129, 1999

Antes del lavado

Peso de la Muestra Seca = 750.00 gr

Después del lavado

Peso de la Muestra Seca = 441.30 gr

% de Error en Peso = -0.20% Ok!

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	750.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	750.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	750.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	750.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	750.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	0.00	750.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.5	10.36	739.64	1.38%	1.38%	98.62%
Nº 4	4.75	106.57	633.07	14.21%	15.59%	84.41%
Nº 10	2	159.94	473.13	21.33%	36.92%	63.08%
Nº 20	0.850	71.62	401.51	9.55%	46.47%	53.53%
Nº 40	0.425	31.54	369.97	4.21%	50.67%	49.33%
Nº 60	0.250	16.18	353.79	2.16%	52.83%	47.17%
Nº 100	0.150	16.50	337.29	2.20%	55.03%	44.97%
Nº 200	0.075	27.55	309.74	3.67%	58.70%	41.30%
Cazuela	-	1.94	-	0.26%	58.96%	-
Lavado	-	308.70	-	41.04%	100.00%	-
Total Fracción Retenida en Lavado =		442.20		100.00%		

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra	Fracción Gruesa
% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 15.59%	% de grava = 26.56%
% de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 43.11%	% de arena = 73.44%
% de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 41.30%	Total = 100.00%
Total: 100.00%	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

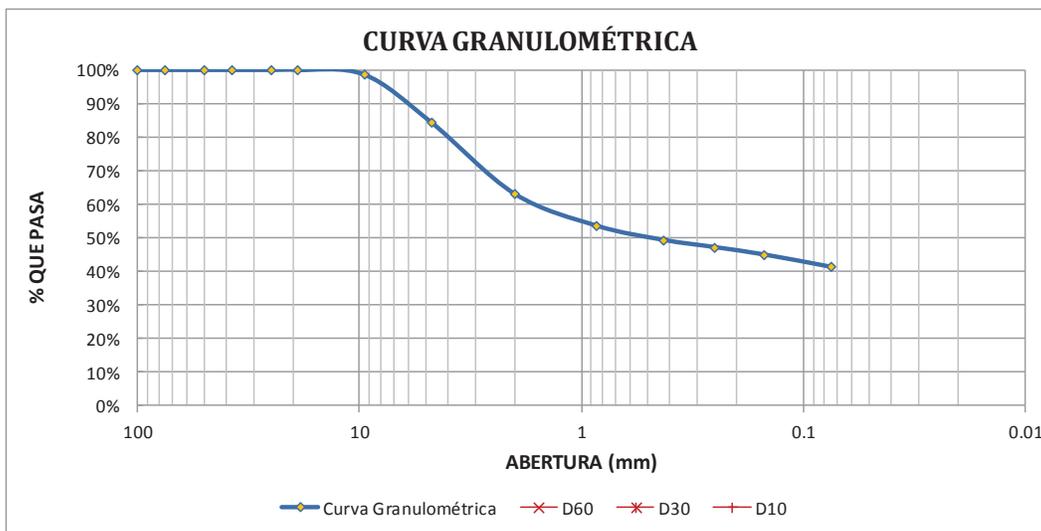
TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DEL SUELO

NTP 399.129, 1999



Tamaño Máximo Absoluto = 3/4"

Tamaño Máximo Nominal = Nº 4

D60 = -
D30 = -
D10 = -

Cu = -
Cc = -



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"**

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN

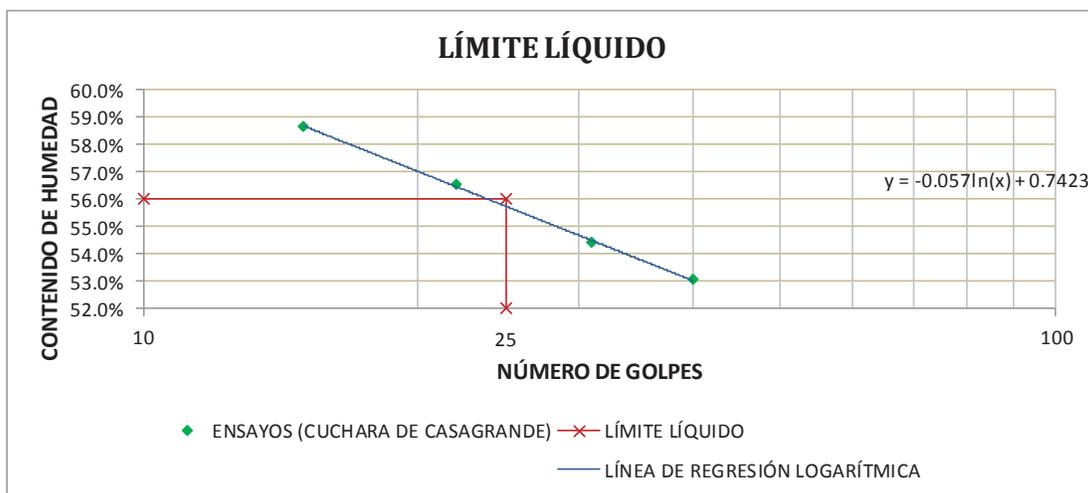
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSA YO: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO

LÍMITE LÍQUIDO

Basado en la Norma NTP 339.129, 1999

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	6.16	8.02	10.77	7.86
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	20.67	22.46	24.31	23.63
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	15.64	17.37	19.42	17.80
Peso del Agua (gr)	5.03	5.09	4.89	5.83
Peso de la Muestra Seca (gr)	9.48	9.35	8.65	9.94
Contenido de Humedad	53.06%	54.44%	56.53%	58.65%
Número de Golpes	40	31	22	15





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

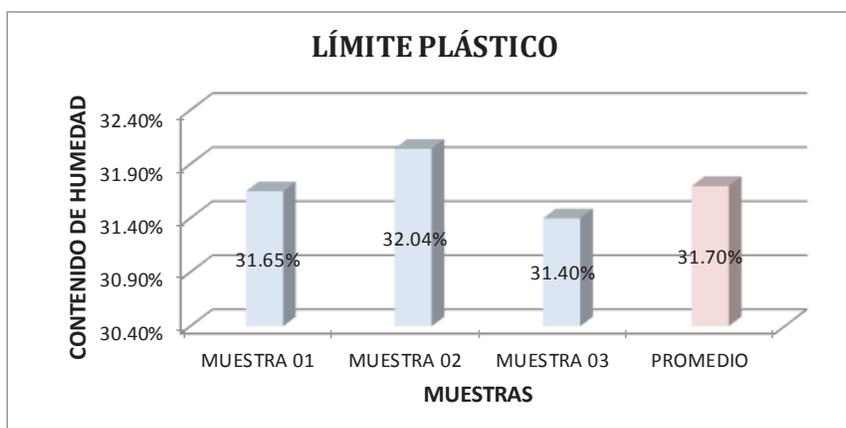
**TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES
MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"**

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA
ENSAYO: LIMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO

LÍMITE PLÁSTICO

Basado en la Norma NTP 339.129, 1999

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	6.30	7.89	7.85
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	10.21	11.64	11.70
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	9.27	10.73	10.78
Peso del Agua (gr)	0.94	0.91	0.92
Peso de la Muestra Seca (gr)	2.97	2.84	2.93
Contenido de Humedad	31.65%	32.04%	31.40%



LÍMITE LÍQUIDO = 40.00%
LÍMITE PLÁSTICO = 16.00%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 24.00%



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN
De Granulometría
% de Gruesos = 58.70%
% de Finos = 41.30%
Total = 100.00%
% de Grava = 15.59%
% de Arena = 43.11%
Total = 58.70%
Fracción Gruesa
% de Grava = 26.56%
% de Arena = 73.44%
Total = 100.00%
Coeeficientes
Cu = -
Cc = -
De Límites de Consistencia
LL = 40.00%
LP = 16.00%
IP = 24.00%
Otros Datos
Tipo = Inorgánico

CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más del 50% es retenido en la malla N° 200	GRAVAS Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla N° 4	GRAVAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200 $Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW Grava bien graduada	
		$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP Grava mal graduada	
	GRAVAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM Grava limosa	
		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC Grava arcillosa	
	GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM Grava limosa arcillosa	
		Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM Grava bien graduada con limo	
	ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200	Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC Grava bien graduada con arcilla	
		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM Grava mal graduada con limo	
	ARENAS El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4	Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC Grava mal graduada con arcilla	
		ARENAS LIMPIAS Menos del 5% pasa la malla N° 200 $Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW Arena bien graduada	
SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS El 50% o más pasa la malla N° 200	ARENAS CON FINOS Mas del 12% pasa la malla N° 200	$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP Arena mal graduada	
		$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM Arena limosa	
	ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200	$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC Arena arcillosa	
		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM Arena limosa arcillosa	
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor que 50	Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM Arena bien graduada con limo	
		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC Arena bien graduada con arcilla	
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido 50 o mayor	Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM Arena mal graduada con limo	
		Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC Arena mal graduada con arcilla	
	SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	Inorgánicos	$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML Limo de baja plasticidad
			$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL Arcilla de baja plasticidad
Orgánicos		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML Arcilla limosa	
		$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OL Limo orgánico	
Orgánicos	Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH Limo de alta plasticidad		
	Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH Arcilla de alta plasticidad		
Orgánicos	$\frac{\text{Límite Líquido secado al horno}}{\text{Límite Líquido no secado}} < 0.75$	OH Limo orgánico		
		OH Arcilla orgánica		
Principalmente materia orgánica de color oscuro		Pt	Turba	

SC = Arena arcillosa con grava



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



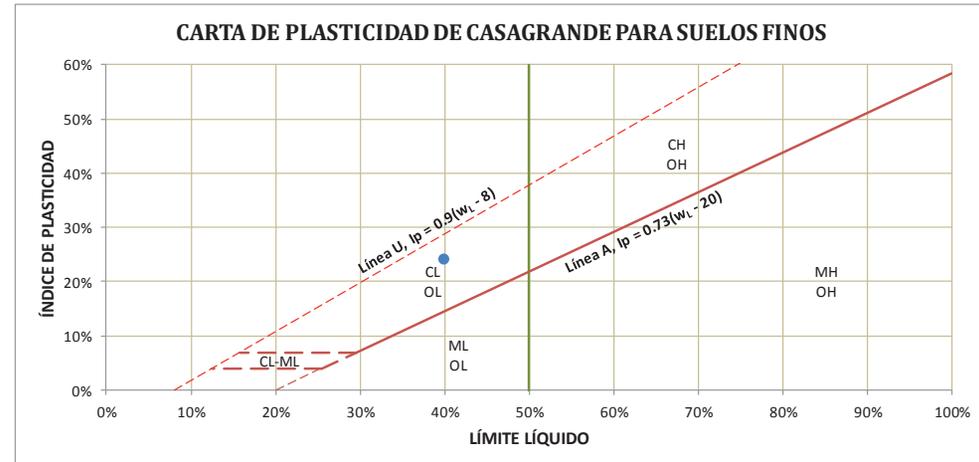
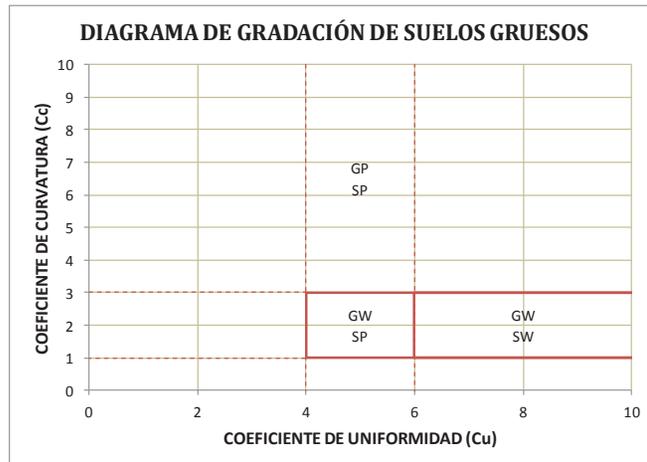
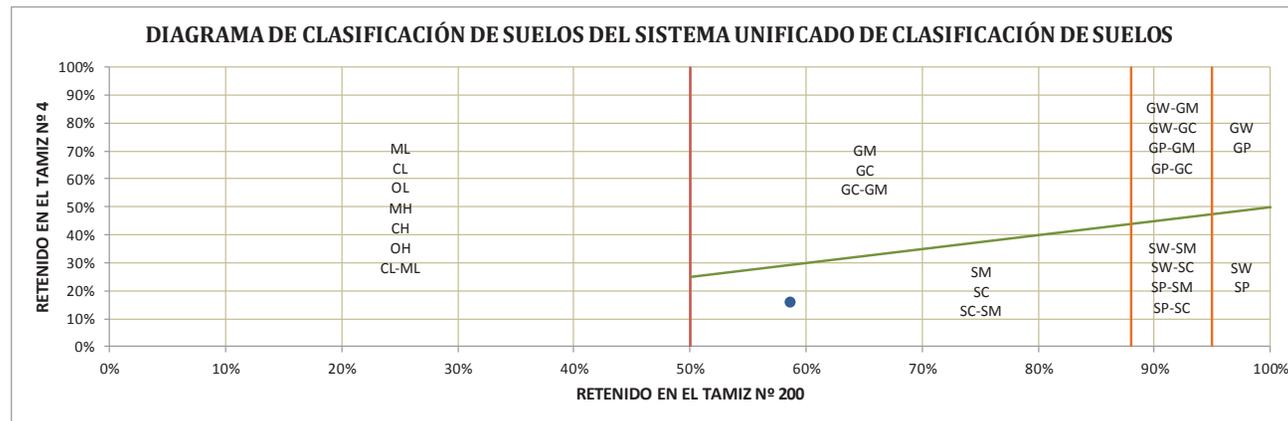
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)





“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz N° 10 = 63.08%	LL = 40.00%	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz N° 40 = 49.33%	LP = 16.00%	
% que pasa el tamiz N° 200 = 41.30%	IP = 24.00%	

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz N° 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					A-7-5
% que pasa el tamiz: N° 10	50 máx.											
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.									
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz N° 40												
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		

A-6 (5) = Contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



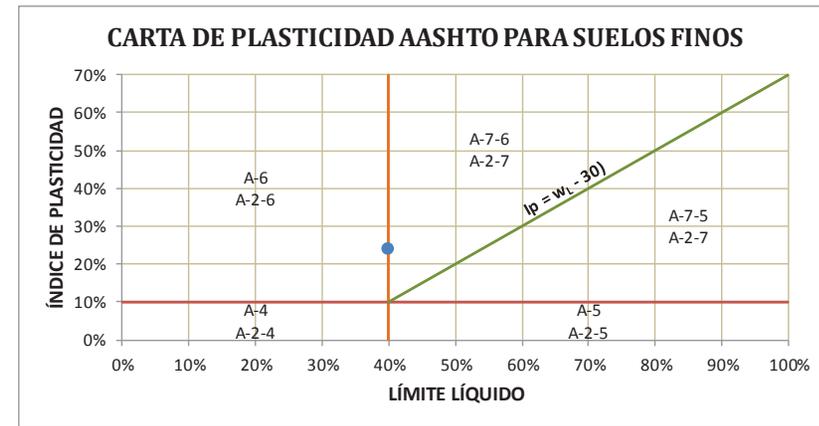
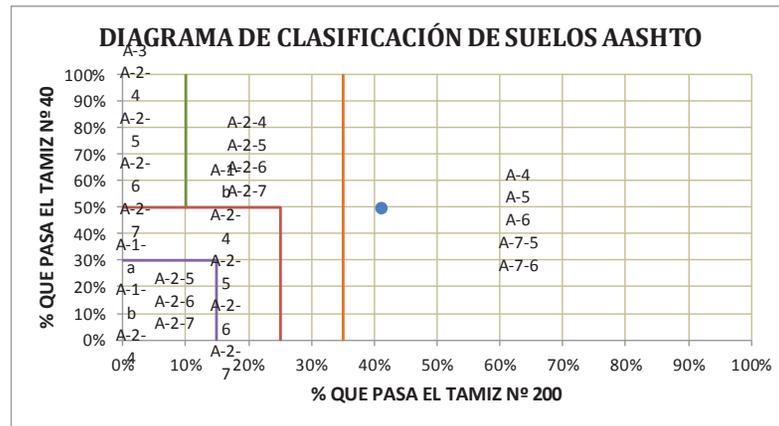
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

ENSAYO:

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO

F = 41.30	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz N° 200
w _L = 40.00	w _L = Límite Líquido
Ip = 24.00	Ip = Índice de plasticidad

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

a = F - 35	a = 6.30	==>	a = 6.30
b = F - 15	b = 26.30	==>	b = 26.30
c = w _L - 40	c = 0.00	==>	c = 0.00
d = Ip - 10	d = 14.00	==>	d = 14.00

IG = 5



"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"



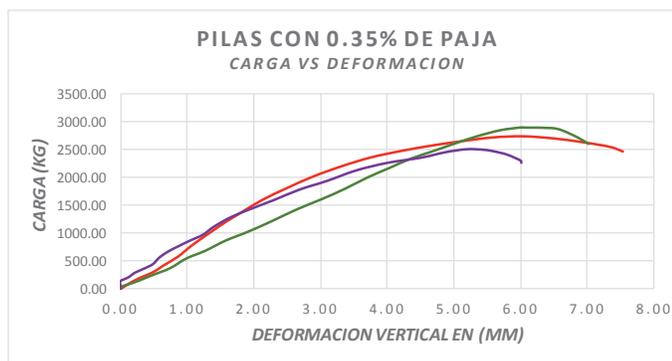
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VERTICAL VS CARGA (PILAS CON 0.35% DE PAJA)

M1 - 2751 Kg		M2 - 2911 Kg		M3 - 2522 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	110.08	0.01	46.28	0.00	84.46
0.30	205.01	0.22	130.14	0.00	145.15
0.49	304.45	0.46	247.33	0.12	213.18
0.65	430.26	0.74	379.33	0.22	297.76
0.87	586.26	0.98	551.51	0.36	372.17
1.07	784.00	1.27	694.35	0.49	452.09
1.31	989.75	1.57	874.42	0.58	563.47
1.58	1205.01	1.92	1040.97	0.70	665.72
1.84	1397.89	2.28	1234.26	0.86	766.80
2.14	1612.85	2.65	1442.62	1.04	872.40
2.50	1819.70	3.01	1620.02	1.24	981.05
2.89	2026.45	3.36	1807.13	1.40	1122.14
3.32	2212.64	3.70	2011.78	1.66	1297.26
3.75	2368.42	4.02	2178.10	1.98	1456.15
4.20	2484.26	4.33	2341.05	2.31	1608.11
4.67	2584.30	4.65	2472.06	2.69	1794.36
5.13	2664.11	4.98	2610.10	3.10	1949.91
5.59	2731.41	5.33	2748.51	3.54	2139.60
6.04	2751.00	5.69	2861.98	4.01	2276.40
6.49	2714.22	5.99	2911.00	4.52	2370.33
6.92	2648.16	6.08	2910.30	4.88	2467.30
7.34	2562.66	6.46	2901.99	5.20	2522.00
7.54	2477.70	6.62	2860.54	5.46	2511.47
		6.85	2735.39	5.62	2480.41
		7.02	2616.70	5.81	2423.26
				6.01	2316.55
				6.02	2277.34



DEFORMACION UNITARIA VERTICAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	6.04	0.63	1.81
M - 02	5.99	0.82	2.68
M - 03	5.20	0.37	1.61



"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO

FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

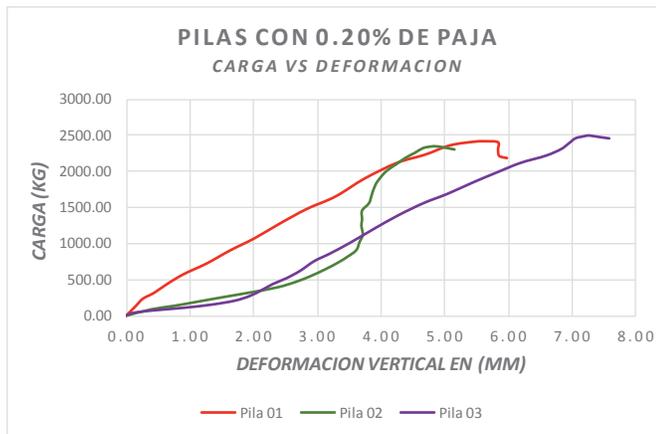
TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN

BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VERTICAL VS CARGA (PILAS CON 0.20% DE PAJA)

M1 - 2424 Kg		M2 - 2355 Kg		M3 - 2490 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	133.72	0.40	88.26	0.11	37.81
0.26	233.95	0.75	135.75	0.42	71.96
0.44	318.37	1.13	195.47	0.91	109.08
0.64	438.82	1.50	253.78	1.35	153.26
0.90	575.93	1.93	319.90	1.70	205.95
1.26	724.03	2.36	390.89	1.94	271.55
1.63	906.58	2.64	464.48	2.13	354.24
2.01	1074.36	2.90	550.77	2.30	436.33
2.41	1280.76	3.13	646.15	2.51	514.97
2.83	1482.28	3.32	734.93	2.73	619.65
3.28	1655.53	3.48	823.04	2.95	753.00
3.74	1906.98	3.61	910.48	3.20	858.98
4.24	2121.74	3.66	1021.94	3.52	1010.29
4.69	2239.08	3.71	1126.20	3.88	1195.42
5.08	2367.56	3.69	1248.57	4.27	1387.14
5.47	2418.96	3.70	1343.46	4.67	1556.63
5.63	2424.00	3.70	1460.41	5.04	1682.91
5.83	2410.61	3.81	1565.53	5.43	1836.55
5.83	2305.92	3.85	1674.36	5.82	1980.92
5.85	2219.61	3.91	1819.70	6.19	2112.02
5.97	2190.25	3.99	1922.14	6.58	2209.28
		4.09	2017.11	6.82	2299.44
		4.24	2107.76	6.94	2376.68
		4.38	2194.45	7.05	2450.97
		4.53	2265.64	7.18	2478.51
		4.66	2331.12	7.25	2490.00
		4.79	2353.19	7.31	2484.45
		4.85	2355.00	7.44	2466.98
		4.95	2344.89	7.58	2450.28
		5.15	2311.41		



DEFORMACION UNITARIA VERTICAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.63	0.52	2.28
M - 02	4.85	2.13	3.70
M - 03	7.25	2.17	3.98



"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"



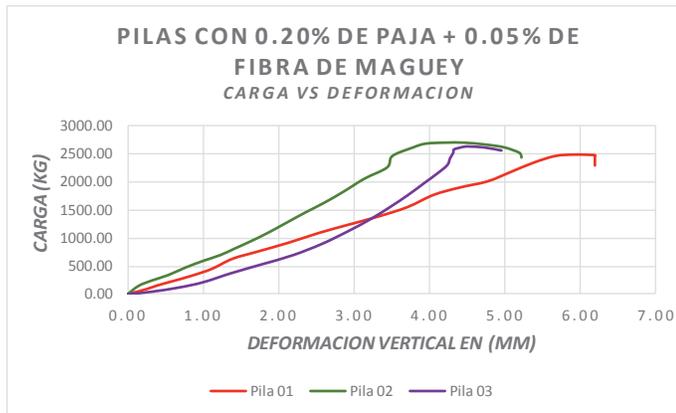
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VERTICAL VS CARGA (PILAS CON 0.20% DE PAJA + 0.05% DE FIBRA DE MAGUEY)

M1 - 2482 Kg		M2 - 2705 Kg		M3 - 2631 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	90.23	0.15	151.57	0.31	43.19
0.39	154.37	0.33	248.09	0.67	116.78
0.60	232.94	0.54	342.15	1.00	212.13
0.86	332.61	0.77	476.83	1.37	372.50
1.12	452.48	1.01	598.58	1.77	528.15
1.39	629.74	1.23	698.40	2.19	693.55
1.72	756.99	1.42	814.26	2.58	897.45
2.13	914.36	1.61	930.18	2.93	1125.63
2.54	1091.68	1.85	1087.58	3.23	1343.11
2.95	1244.27	2.09	1263.18	3.49	1560.13
3.34	1388.86	2.35	1453.63	3.72	1766.98
3.71	1550.23	2.60	1626.83	3.93	1974.35
4.06	1769.04	2.86	1827.78	4.10	2142.11
4.41	1899.79	3.14	2061.80	4.24	2297.66
4.77	2006.99	3.44	2262.03	4.28	2426.56
5.09	2180.89	3.51	2465.80	4.32	2517.74
5.39	2344.79	3.77	2611.99	4.33	2578.20
5.67	2458.43	3.95	2686.40	4.41	2611.80
5.93	2482.00	4.22	2705.00	4.48	2631.00
6.19	2472.08	4.46	2704.05	4.56	2630.49
6.19	2445.46	4.74	2671.38	4.74	2613.99
6.19	2381.63	4.99	2621.32	4.96	2560.89
6.19	2288.53	5.19	2526.72		
		5.22	2460.68		
		5.22	2440.14		



DEFORMACION UNITARIA VERTICAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.93	0.95	2.94
M - 02	4.22	0.65	2.21
M - 03	4.48	1.43	3.19



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



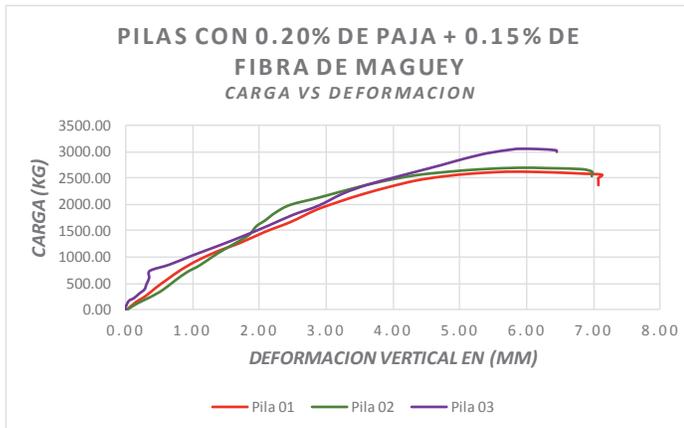
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VERTICAL VS CARGA (PILAS CON 0.20% DE PAJA + 0.15% DE FIBRA DE MAGUEY)

M1 - 2617 Kg		M2 - 2687 Kg		M3 - 3065 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.14	148.62	0.17	130.27	0.00	31.47
0.29	268.19	0.35	242.47	0.02	100.54
0.44	422.18	0.54	375.37	0.06	179.55
0.61	578.80	0.73	553.66	0.13	230.16
0.82	763.47	0.91	717.68	0.21	311.51
1.06	936.06	1.10	842.53	0.29	394.27
1.37	1114.13	1.30	1015.43	0.32	495.28
1.71	1274.56	1.47	1145.89	0.36	611.20
2.08	1481.45	1.65	1277.46	0.37	746.67
2.46	1666.43	1.84	1420.60	0.66	865.00
2.84	1894.17	1.95	1584.61	1.01	1039.89
3.20	2055.77	2.08	1693.47	1.38	1218.00
3.56	2199.53	2.24	1844.71	1.76	1404.86
3.95	2333.82	2.46	1988.20	2.15	1607.79
4.34	2450.51	2.89	2125.32	2.51	1811.49
4.74	2526.91	3.38	2292.44	2.89	1983.03
5.17	2581.08	3.86	2436.75	3.25	2213.31
5.59	2611.56	4.35	2547.95	3.62	2381.70
5.78	2617.00	4.84	2613.48	3.99	2507.98
6.03	2615.69	5.32	2659.11	4.36	2634.39
6.41	2603.29	5.87	2687.00	4.73	2755.84
6.83	2580.90	6.32	2680.42	5.08	2881.56
7.12	2560.07	6.83	2661.56	5.44	2986.96
7.07	2494.99	6.98	2616.41	5.81	3056.12
7.07	2438.05	6.98	2553.20	5.89	3065.00
7.07	2361.84	6.98	2528.75	6.17	3061.58
				6.45	3038.35
				6.46	3008.18



DEFORMACION UNITARIA VERTICAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.78	0.41	1.77
M - 02	5.87	0.57	1.74
M - 03	5.89	0.31	2.00



"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"



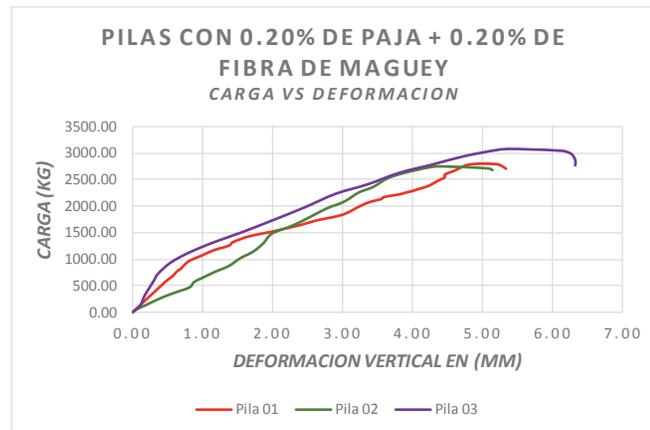
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VERTICAL VS CARGA (PILAS CON 0.20% DE PAJA + 0.15% DE FIBRA DE MAGUEY)

M1 - 2811 Kg		M2 - 2745 Kg		M3 - 3087 Kg	
D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.48	589.28	0.07	68.88	0.12	140.46
0.54	644.36	0.19	139.54	0.17	296.44
0.59	703.55	0.38	259.28	0.24	451.82
0.65	783.40	0.58	363.77	0.31	593.49
0.70	832.95	0.82	477.22	0.38	742.10
0.76	910.57	0.88	576.75	0.55	943.42
0.83	986.42	1.01	658.72	0.80	1125.35
0.99	1074.57	1.18	768.13	1.15	1319.35
1.12	1152.47	1.38	875.72	1.57	1517.58
1.24	1209.33	1.54	1022.02	2.01	1743.92
1.39	1265.84	1.73	1147.12	2.46	1982.83
1.45	1334.78	1.87	1302.04	2.91	2242.41
1.68	1443.36	2.00	1485.15	3.37	2422.19
1.97	1520.42	2.29	1635.35	3.82	2638.23
2.21	1593.02	2.55	1805.17	4.28	2789.01
2.42	1658.24	2.78	1960.00	4.74	2949.26
2.66	1747.99	3.02	2083.15	5.21	3066.91
2.88	1804.19	3.24	2256.60	5.39	3087.00
3.06	1872.16	3.44	2359.03	5.67	3078.71
3.26	2009.57	3.64	2518.72	6.14	3051.65
3.41	2091.32	3.84	2607.61	6.27	2996.79
3.56	2140.33	4.06	2678.61	6.33	2879.99
3.61	2183.21	4.25	2730.40	6.33	2777.62
3.83	2233.62	4.37	2745.00		
3.93	2270.15	4.53	2739.66		
4.00	2290.53	4.78	2728.95		
4.10	2332.06	5.08	2706.43		
4.22	2380.38	5.14	2677.23		
4.31	2438.38				
4.40	2504.05				
4.47	2547.41				
4.48	2608.29				
4.57	2655.86				
4.66	2706.94				
4.76	2770.94				
4.87	2802.40				
5.05	2811.00				
5.15	2805.28				
5.25	2793.02				
5.35	2716.52				
5.45	2620.33				



DEFORMACION UNITARIA VERTICAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO (mm)	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.05	0.34	1.60
M - 02	4.37	0.68	1.92
M - 03	5.39	0.24	1.62



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



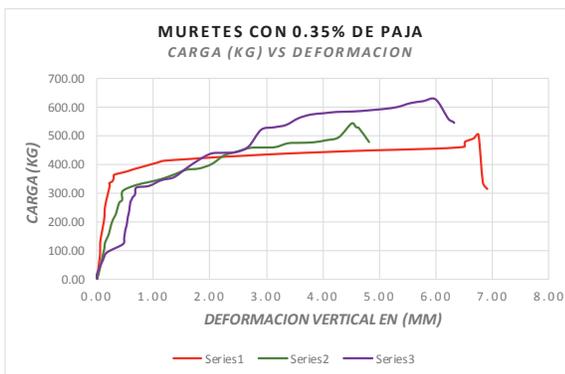
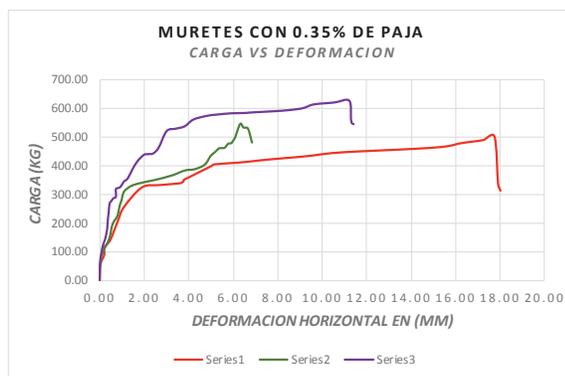
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VS CARGA (MURETES CON 0.35% DE PAJA)

M1 - 502.88 Kg			M2 - 544.88 Kg			M2 - 626.64 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.02	0.03	53.76	0.01	0.05	39.76	0.01	0.00	16.24
0.20	0.05	89.04	0.08	0.10	85.68	0.03	0.11	67.20
0.20	0.05	114.80	0.14	0.11	94.08	0.08	0.18	92.40
0.47	0.06	140.56	0.22	0.13	110.32	0.15	0.46	120.96
0.80	0.12	204.96	0.35	0.14	128.80	0.25	0.48	142.80
1.08	0.14	255.36	0.47	0.20	154.56	0.33	0.50	171.36
1.89	0.22	324.80	0.53	0.23	179.76	0.35	0.53	186.48
2.69	0.21	333.20	0.61	0.26	200.48	0.38	0.55	216.16
3.59	0.26	339.26	0.73	0.30	214.48	0.41	0.57	234.64
3.75	0.28	345.32	0.81	0.33	226.24	0.45	0.59	267.12
3.78	0.29	351.38	0.87	0.36	248.08	0.53	0.61	276.08
3.93	0.29	357.44	0.93	0.39	267.68	0.62	0.63	285.60
4.09	0.30	363.50	0.98	0.44	277.20	0.72	0.66	288.96
4.24	0.42	369.56	1.09	0.45	308.00	0.74	0.68	297.92
4.40	0.54	375.63	1.41	0.68	328.16	0.74	0.70	318.64
4.55	0.63	381.69	1.84	0.90	338.80	0.92	0.92	324.24
4.71	0.74	387.75	2.48	1.13	349.44	1.10	1.14	344.40
4.86	0.85	393.81	3.24	1.35	365.12	1.26	1.36	354.48
5.02	0.96	399.87	3.82	1.58	382.48	1.47	1.58	385.84
5.17	1.07	405.93	4.26	1.80	386.96	1.70	1.80	414.96
6.26	1.18	411.99	4.71	2.03	402.64	1.99	2.02	437.36
7.01	1.63	418.05	4.98	2.25	433.44	2.18	2.24	439.88
7.79	2.08	424.11	5.17	2.48	446.32	2.41	2.46	442.40
8.71	2.65	430.17	5.34	2.70	459.20	2.65	2.68	462.00
9.53	3.25	436.23	5.48	2.93	460.60	3.01	2.90	520.24
10.09	4.01	442.29	5.61	3.15	462.00	3.42	3.12	528.64
10.98	4.88	448.35	5.76	3.38	475.44	3.82	3.35	537.04
12.58	6.01	454.41	5.87	3.60	477.12	4.21	3.57	560.56
14.22	6.49	460.48	5.92	3.83	478.80	4.81	3.79	573.44
15.34	6.50	466.54	5.98	4.05	486.08	5.26	4.01	577.92
15.85	6.50	472.60	6.07	4.28	496.72	5.90	4.23	582.40
16.15	6.51	478.66	6.30	4.50	544.88	6.51	4.45	583.52
16.67	6.59	484.72	6.45	4.58	532.00	6.88	4.67	585.76
17.24	6.67	490.78	6.65	4.63	528.64	7.82	4.89	589.68
17.75	6.74	502.88	6.83	4.81	479.92	8.49	5.11	593.60
17.91	6.82	336.56				9.12	5.33	600.32
18.02	6.90	313.60				9.61	5.55	613.48
						10.52	5.77	620.06
						11.20	5.99	626.64
						11.28	6.20	563.36
						11.30	6.24	553.84
						11.32	6.30	548.24
						11.40	6.32	544.32



DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)				DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	6.74	0.04	0.14	M - 01	17.75	0.13	1.06
M - 02	4.50	0.10	0.42	M - 02	6.30	0.07	0.96
M - 03	5.99	0.20	0.69	M - 03	11.20	0.08	0.74



"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"



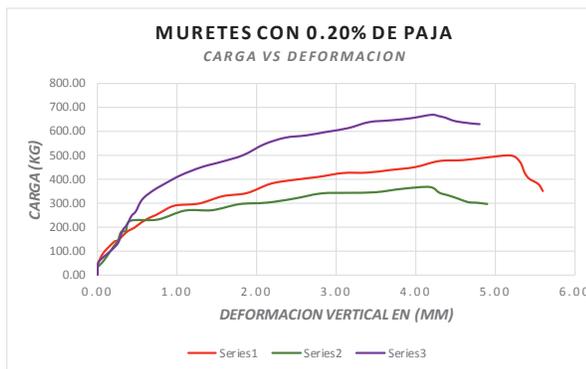
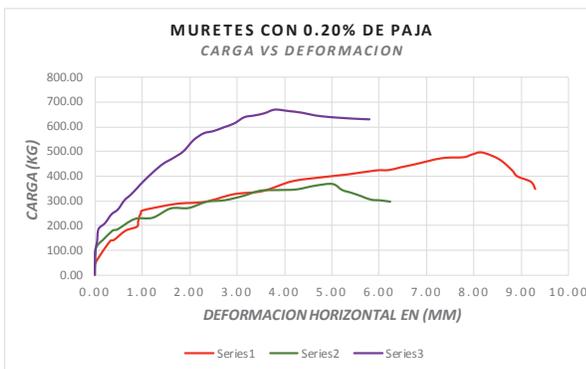
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VS CARGA (MURETES CON 0.20% DEPAJA)

M1 - 495.60 Kg			M2 - 366.24 Kg			M2 - 666.96 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	40.32	0.00	0.00	7.84	0.00	0.00	22.40
0.15	0.07	89.60	0.00	0.00	8.40	0.01	0.02	55.44
0.33	0.21	137.20	0.00	0.00	8.40	0.02	0.18	103.60
0.41	0.25	141.68	0.00	0.00	25.20	0.05	0.26	133.84
0.65	0.37	178.64	0.00	0.00	29.68	0.08	0.32	184.24
0.89	0.46	194.88	0.00	0.07	52.64	0.22	0.37	208.32
0.92	0.55	217.28	0.00	0.16	94.64	0.35	0.43	244.16
0.95	0.66	238.00	0.05	0.21	119.28	0.49	0.48	263.76
0.97	0.73	247.52	0.17	0.26	141.12	0.63	0.54	300.72
1.00	0.80	260.40	0.37	0.30	178.08	0.76	0.59	323.68
1.71	0.97	287.28	0.48	0.36	183.68	0.90	0.70	351.12
2.32	1.27	295.68	0.84	0.42	225.12	1.01	0.82	374.64
2.94	1.57	326.48	1.22	0.76	230.16	1.23	1.04	413.84
3.55	1.88	339.36	1.60	1.10	267.68	1.44	1.30	448.00
4.16	2.18	378.56	1.98	1.45	269.36	1.66	1.57	471.52
4.77	2.48	394.80	2.36	1.79	294.56	1.87	1.83	498.40
5.35	2.78	407.12	2.74	2.13	300.72	2.09	2.09	543.76
5.93	3.09	422.80	3.12	2.47	317.52	2.30	2.36	571.20
6.21	3.39	424.48	3.50	2.81	339.36	2.51	2.62	580.72
6.46	3.69	435.68	3.88	3.15	341.88	2.73	2.88	595.84
6.75	3.99	447.44	4.26	3.50	344.40	2.94	3.15	610.96
7.33	4.29	472.64	4.64	3.84	358.96	3.16	3.41	636.16
7.79	4.60	476.56	5.02	4.18	366.24	3.37	3.67	643.44
7.97	4.90	487.76	5.22	4.30	342.16	3.59	3.94	652.40
8.18	5.20	495.60	5.43	4.42	330.40	3.80	4.20	666.96
8.54	5.31	468.16	5.63	4.54	316.96	4.09	4.29	661.36
8.81	5.37	423.92	5.83	4.66	302.96	4.37	4.37	654.64
8.92	5.43	399.28	6.04	4.78	300.16	4.66	4.46	643.44
9.21	5.54	376.88	6.24	4.90	295.12	4.94	4.54	637.28
9.30	5.60	347.76				5.23	4.63	633.36
						5.51	4.71	630.00
						5.80	4.80	627.76



DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)				DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	5.20	0.05	0.73	M - 01	8.18	0.10	0.97
M - 02	4.18	0.07	0.35	M - 02	5.02	0.00	0.47
M - 03	4.20	0.17	0.63	M - 03	3.80	0.02	0.81



"INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"



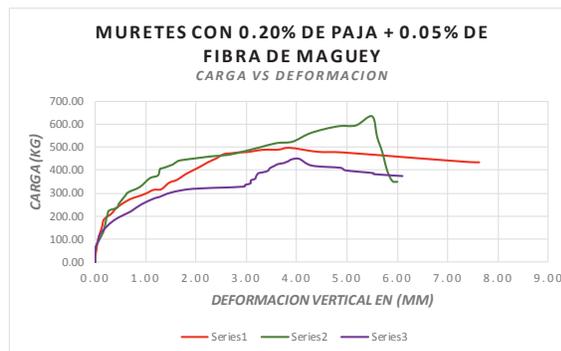
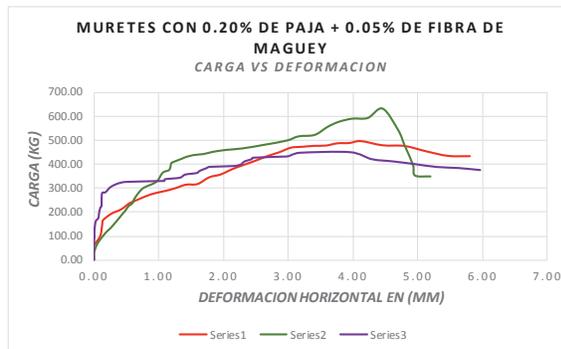
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VS CARGA (MURETES CON 0.20% DE PAJA + 0.05% DE FIBRA DE MAGUEY)

M1 - 495.60 Kg			M2 - 631.68 Kg			M2 - 448.56 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	19.60	0.00	0.00	30.80	0.00	0.00	55.44
0.00	0.03	57.12	0.05	0.02	67.76	0.01	0.06	95.20
0.10	0.06	99.12	0.17	0.12	110.88	0.01	0.10	124.32
0.13	0.13	146.72	0.28	0.18	140.56	0.03	0.25	160.16
0.14	0.15	164.08	0.44	0.23	192.64	0.07	0.32	173.60
0.22	0.17	183.12	0.48	0.25	204.96	0.08	0.45	193.20
0.30	0.23	196.56	0.53	0.28	224.00	0.10	0.67	216.72
0.38	0.29	204.96	0.59	0.44	236.32	0.12	0.74	225.68
0.46	0.36	217.28	0.62	0.48	254.80	0.12	0.93	253.12
0.54	0.42	234.64	0.71	0.60	287.84	0.13	1.19	278.88
0.62	0.48	244.16	0.78	0.66	302.96	0.18	1.25	281.68
0.70	0.54	253.68	0.96	0.89	325.92	0.26	1.52	303.52
0.88	0.70	273.28	1.06	1.09	364.00	0.38	1.93	318.64
1.06	0.85	285.04	1.16	1.25	375.76	0.50	2.64	324.80
1.24	1.01	297.36	1.19	1.29	403.20	1.09	2.96	328.72
1.42	1.16	313.60	1.21	1.33	406.84	1.09	2.97	330.40
1.60	1.32	316.40	1.24	1.39	410.48	1.10	2.98	336.00
1.78	1.47	344.40	1.36	1.54	422.80	1.33	3.08	342.16
1.96	1.63	356.72	1.39	1.57	426.72	1.41	3.09	355.04
2.14	1.78	379.12	1.53	1.64	437.36	1.59	3.17	361.76
2.32	1.94	397.04	1.69	1.71	441.84	1.63	3.19	369.60
2.50	2.09	414.40	1.83	2.03	450.80	1.68	3.20	375.76
2.68	2.25	433.44	2.04	2.34	459.20	1.74	3.22	381.92
2.86	2.40	449.12	2.29	2.66	465.36	1.79	3.25	387.52
3.04	2.56	468.16	2.64	2.97	481.04	2.17	3.34	390.88
3.22	2.71	472.08	2.98	3.29	498.40	2.27	3.43	397.04
3.40	2.87	476.00	3.16	3.61	515.76	2.31	3.46	406.56
3.58	3.02	477.12	3.41	3.92	521.92	2.35	3.50	412.16
3.76	3.32	486.64	3.61	4.24	555.52	2.44	3.57	419.44
3.94	3.64	487.76	3.78	4.55	576.24	2.46	3.62	425.60
4.12	3.86	495.60	3.99	4.87	589.68	2.98	3.75	430.64
4.46	4.42	478.24	4.23	5.18	592.48	3.03	3.78	434.00
4.79	4.92	475.44	4.46	5.50	631.68	3.06	3.83	437.92
5.13	6.25	453.04	4.70	5.60	542.08	3.19	3.90	446.32
5.46	7.42	434.00	4.80	5.70	478.24	3.96	4.05	448.56
5.80	7.62	432.88	4.93	5.80	396.48	4.30	4.30	419.44
			4.96	5.90	352.24	4.63	4.87	409.92
			5.20	6.00	348.32	4.97	4.97	398.72
			5.30	6.20	344.40	5.30	5.52	386.96
						5.64	5.53	382.48
						5.97	6.10	374.08



ESPECIMEN	DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)			DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	3.86	0.04	0.50	M - 01	4.12	0.04	0.65
M - 02	5.50	0.08	0.79	M - 02	4.46	0.13	0.88
M - 03	4.05	0.02	0.73	M - 03	3.96	0.00	0.12



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



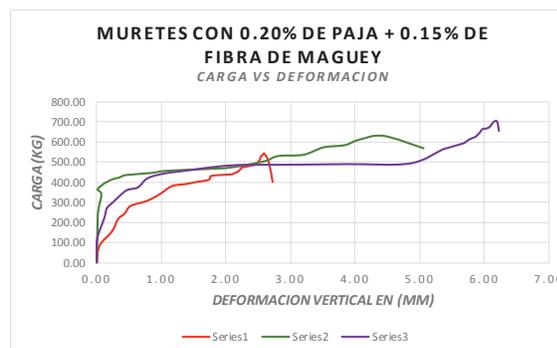
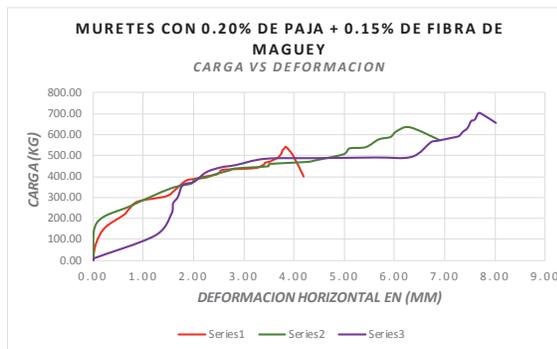
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO
 FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
 BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VS CARGA (MURETES CON 0.20% DE PAJA + 0.15% DE FIBRA DE MAGUEY)

M1 - 542.08 Kg			M2 - 633.36 Kg			M2 - 701.68 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	11.20	0.07	0.01	178.08	0.00	0.00	7.84
0.07	0.04	85.68	0.74	0.02	258.16	1.23	0.01	117.60
0.24	0.23	155.68	1.53	0.07	341.04	1.55	0.12	220.08
0.62	0.33	217.28	1.95	0.01	365.12	1.58	0.16	269.36
0.71	0.42	241.92	2.01	0.07	384.16	1.68	0.26	301.28
0.90	0.52	281.12	2.26	0.11	394.73	1.78	0.46	357.84
1.46	0.77	305.76	2.38	0.17	405.30	2.00	0.64	373.52
1.64	0.96	337.12	2.52	0.24	415.87	2.24	0.79	418.88
1.85	1.16	379.68	2.69	0.36	426.44	2.54	1.04	442.40
2.04	1.37	389.54	2.82	0.44	437.01	2.83	1.29	453.04
2.22	1.53	399.39	3.48	0.84	447.58	3.42	2.09	483.28
2.45	1.72	409.25	3.50	1.06	458.15	4.44	2.96	486.36
2.52	1.75	419.10	4.28	1.78	468.72	5.62	3.88	489.44
2.55	1.76	428.96	4.40	2.07	474.88	6.33	4.85	492.52
2.63	1.85	433.53	4.98	2.58	505.12	6.72	5.36	562.80
3.13	2.09	438.29	5.10	2.81	532.56	6.83	5.42	568.06
3.29	2.12	443.06	5.42	3.20	538.72	6.93	5.47	573.33
3.33	2.16	447.83	5.68	3.51	575.68	7.04	5.53	578.59
3.37	2.19	452.59	5.91	3.84	586.88	7.14	5.58	583.86
3.41	2.20	457.36	6.03	4.06	613.76	7.25	5.64	589.12
3.42	2.22	462.13	6.30	4.44	633.36	7.30	5.70	595.28
3.44	2.23	466.90	6.90	5.06	571.20	7.34	5.75	608.72
3.53	2.24	471.66				7.38	5.81	617.68
3.57	2.31	476.43				7.43	5.86	624.96
3.61	2.38	481.20				7.47	5.92	641.76
3.65	2.46	485.97				7.52	5.98	663.60
3.69	2.47	490.73				7.56	6.03	666.40
3.71	2.48	495.50				7.61	6.09	675.36
3.73	2.50	500.27				7.65	6.14	698.32
3.74	2.51	506.24				7.70	6.20	701.68
3.76	2.52	512.21				8.01	6.23	654.64
3.78	2.54	526.19						
3.80	2.55	530.16						
3.81	2.56	535.13						
3.83	2.58	540.50						
3.85	2.59	542.08						
3.99	2.66	500.60						
4.20	2.72	400.40						



ESPECIMEN	DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)			DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	
M - 01	2.59	0.04	0.50	M - 01	3.85	0.07	0.85
M - 02	4.44	0.01	0.06	M - 02	6.30	0.04	1.30
M - 03	6.20	0.01	0.44	M - 03	7.70	1.09	1.76



“INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018”



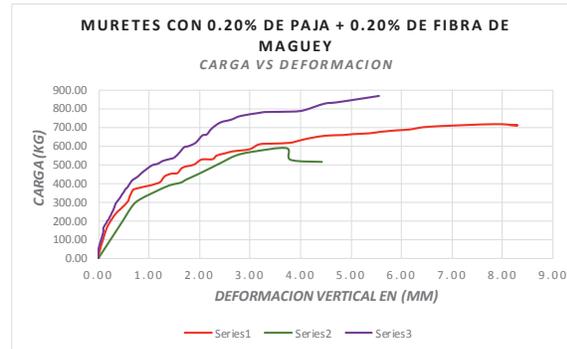
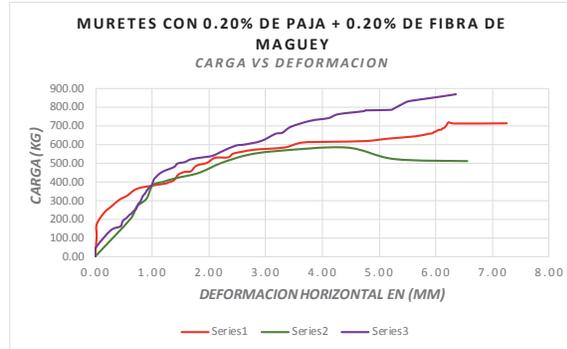
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TESIS: "INFLUENCIA DE LA FIBRA DE MAGUEY (FURCRAEA ANDINA) EN LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LA MAMPOSTERIA DE ADOBE TRADICIONAL, CUSCO – 2018"

TESISTAS: BACH. FLOREZ LEON, FRANKLIN
BACH. LIMPE ZEVALLOS, YESICA

DEFORMACION VS CARGA (MURETES CON 0.20% DE PAJA + 0.20% DE FIBRA DE MAGUEY)

M1 - 719.04 Kg			M2 - 586.32 Kg			M2 - 865.32 Kg		
D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)	D.H.	D.V.	P(Kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	24.64	0.62	0.49	202.16	0.00	0.00	42.00
0.02	0.09	108.64	0.73	0.64	267.12	0.27	0.10	138.32
0.02	0.17	170.80	0.90	0.80	309.68	0.44	0.10	159.60
0.15	0.32	234.64	1.01	1.36	383.04	0.48	0.16	187.04
0.29	0.45	269.36	1.20	1.62	401.52	0.52	0.18	198.24
0.42	0.57	303.52	1.41	1.75	420.28	0.56	0.21	207.20
0.55	0.60	324.80	1.82	1.98	448.56	0.60	0.23	220.64
0.69	0.65	355.60	2.23	2.39	503.44	0.64	0.25	228.48
0.82	0.70	370.16	2.68	2.71	546.08	0.68	0.27	242.48
1.25	1.04	391.44	3.18	3.04	566.72	0.72	0.29	250.88
1.28	1.09	395.92	4.42	3.72	586.32	0.76	0.33	279.44
1.38	1.21	407.68	5.27	3.80	524.16	0.79	0.35	292.88
1.46	1.30	438.48	6.56	4.42	512.96	0.83	0.43	320.88
1.57	1.43	453.04				0.87	0.46	334.88
1.68	1.55	455.84				0.91	0.51	353.92
1.78	1.66	486.08				0.95	0.54	367.92
1.97	1.88	501.76				0.99	0.58	378.00
2.11	2.03	528.64				1.03	0.66	411.04
2.33	2.25	530.88				1.07	0.72	423.36
2.42	2.33	550.48				1.11	0.79	436.24
2.59	2.49	561.68				1.20	0.86	454.16
2.82	2.65	572.88				1.39	0.97	477.12
3.33	2.98	584.08				1.45	1.07	495.60
3.64	3.17	610.40				1.58	1.18	503.44
4.13	3.45	614.60				1.69	1.28	518.56
4.77	3.78	618.80				1.90	1.42	528.64
5.16	3.98	631.68				2.07	1.51	537.04
5.65	4.19	644.56				2.26	1.61	563.92
5.87	4.50	657.44				2.48	1.70	591.36
5.94	4.82	660.32				2.64	1.79	597.52
5.96	5.03	665.64				2.92	1.93	616.00
6.00	5.35	669.84				3.17	2.06	654.08
6.04	5.55	677.04				3.29	2.15	660.24
6.10	5.66	680.08				3.45	2.25	692.16
6.12	5.89	685.73				3.79	2.42	724.08
6.15	6.16	690.65				4.11	2.63	738.64
6.19	6.52	705.04				4.27	2.82	758.80
6.23	7.81	719.04				4.73	3.20	775.60
6.33	8.29	712.88				4.76	3.31	779.80
7.25	8.13	714.00				5.20	3.86	782.20
						5.26	4.08	789.60
						5.47	4.47	823.76
						5.57	4.71	831.04
						6.00	5.17	849.52
						6.35	5.56	865.76
						6.69	5.94	831.04

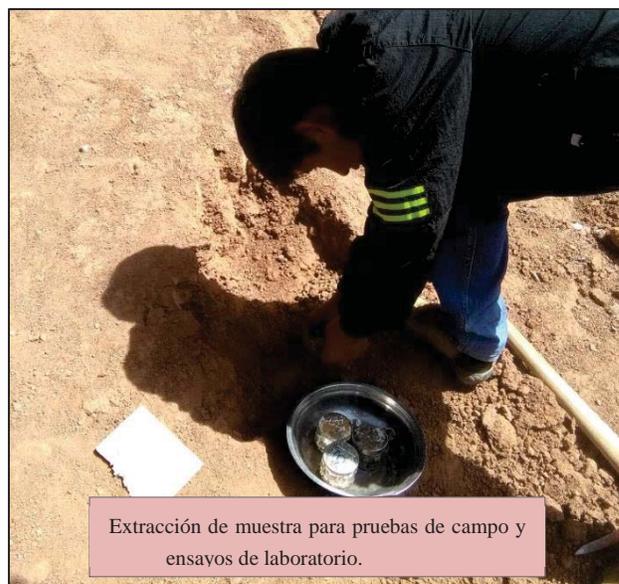


ESPECIMEN	DEFORMACION UNITARIA - VERTICAL (mm)			DEFORMACION UNITARIA - HORIZONTAL (mm)			
	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)	ESPECIMEN	D. MAXIMO	D (15%)	D (50%)
M - 01	7.81	0.09	0.66	M - 01	6.23	0.02	0.72
M - 02	3.72	0.21	0.74	M - 02	4.42	0.27	0.83
M - 03	5.56	0.09	0.77	M - 03	6.35	0.25	1.10



PANEL FOTOGRAFICO

SELECCIÓN DEL SUELO Y PRUEBAS DE CAMPO





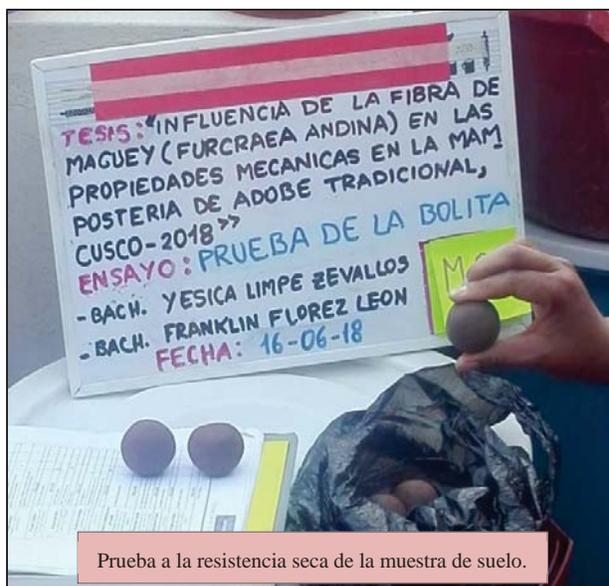
Prueba dental de la muestra de suelo.



Elaboración de bolitas de barro con muestra de suelo.



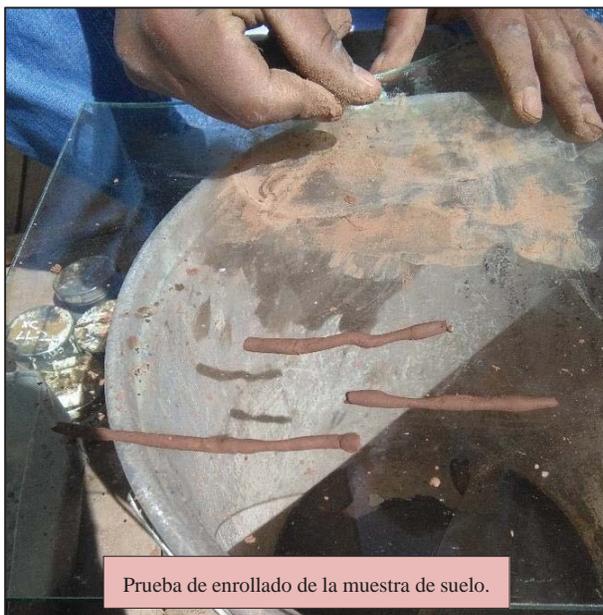
Corte de bolita de barro por la mitad para prueba de brillo.



Prueba a la resistencia seca de la muestra de suelo.



Elaboración de cintas de barro con muestra de suelo.



Prueba de enrollado de la muestra de suelo.



Introducción de muestra de suelo en matraz.



Medición de capas de suelo para prueba de la botella.

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO EN ESTADO NATURAL



Medición del peso de muestra húmeda y capsula M-01.



Medición del peso de muestra húmeda y capsula M-02.



Medición del peso de muestra húmeda y capsula M-03.



Medición del peso de muestra húmeda y capsula M-04.

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO



Medición del peso seco de la muestra.



Lavado de la muestra seca en tamiz N°200.



Secado en el horno de la muestra lavada.

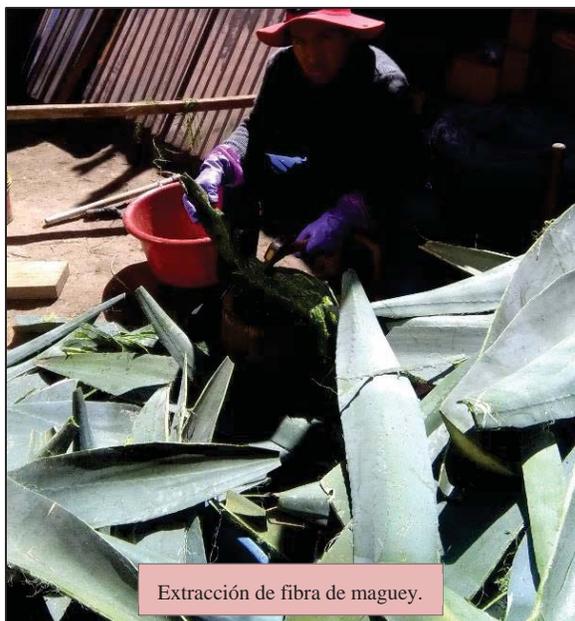


Tamizado de la muestra seca después del lavado.



Separación de partículas según tamaño.

EXTRACCIÓN DE MATERIALES PARA ELABORACIÓN DE ADOBES



SEPARACIÓN Y FRAGMENTACIÓN DE FIBRAS NATURALES: PAJA Y FIBRA DE MAGUEY





DOSIFICACIÓN Y PROCESO DE PREPARACIÓN DE BARRO PARA ADOBES



Dosificación de tierra para elaboración de barro para adobes.



Medición del peso de la tierra.



Dosificación y adición de agua para elaboración de barro.



Combinación de la tierra con agua.



Mezclado de la tierra con agua usando pico y pala.



Pisado la mezcla de la tierra y agua.



Dispersión de la paja en la mezcla de barro – primera parte.



Pisado de la mezcla de tierra, agua y paja.



Proceso de mezclado uniforme – primera parte



Dispersión de la paja en la mezcla de barro – segunda parte.



Mezcla uniforme de tierra, agua y paja.



Disposición de fibras naturales a usar.



Dispersión de fibra de maguey.



Pisado de la mezcla de tierra, agua, paja y fibra de maguey.



Mezclado uniforme de la masa de barro.



Volteado de la mezcla para uniformizar toda la masa de barro.

MUESTRAS DE PREPARACIÓN DE BARRO PARA ADOBES SEGÚN TIPO



Mezcla Tipo 1 (Barro + 0.35% de paja + 0.00% de fibra de maguey)



Mezcla Tipo 2 (Barro + 0.20% de paja + 0.00% de fibra de maguey)



Mezcla Tipo 3 (Barro + 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey)



Mezcla Tipo 4 (Barro + 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey)



Mezcla Tipo 5 (Barro + 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey)



CONTENIDO DE HUMEDAD DE BARRO DORMIDO PARA ADOBES SEGÚN TIPO



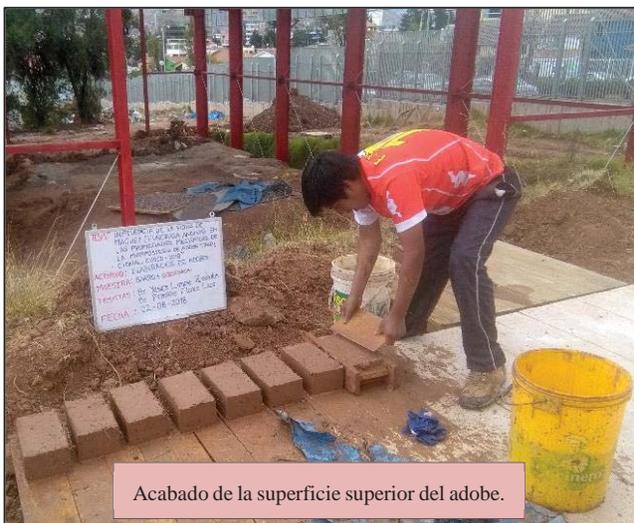
PROCESO DE ELABORACIÓN DE ADOBES



Colocación de una porción de barro dentro de la adobera.



Empapado de tabla para alisar superficie del adobe.



Acabado de la superficie superior del adobe.



Remoje y limpieza de adobera para realizar nuevo adobe.



Secado de adobes sobre tendales de madera.

MUESTRAS DE ELABORACIÓN DE ADOBES SEGÚN TIPO



Adobes Tipo 2 (Barro + 0.20% de paja + 0.00% de fibra de maguey)



Adobes Tipo 3 (Barro + 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey)



Adobes Tipo 4 (Barro + 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey)



Adobes Tipo 5 (Barro + 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey)

ELABORACIÓN DE MORTERO DE BARRO



Mortero Tipo 1 (Barro + 0.35% de paja + 0.00% de fibra de maguey)



Mortero Tipo 2 (Barro + 0.20% de paja + 0.00% de fibra de maguey)



Mortero Tipo 3 (Barro + 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey)



Mortero Tipo 4 (Barro + 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey)



Mortero Tipo 5 (Barro + 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey)

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MORTERO DE BARRO DORMIDO SEGÚN TIPO



Capsulas con muestra de mortero de barro después del dormido para todos los tipos de muestra.

ELABORACIÓN DE TESTIGOS CILÍNDRICOS DE MORTERO DE BARRO



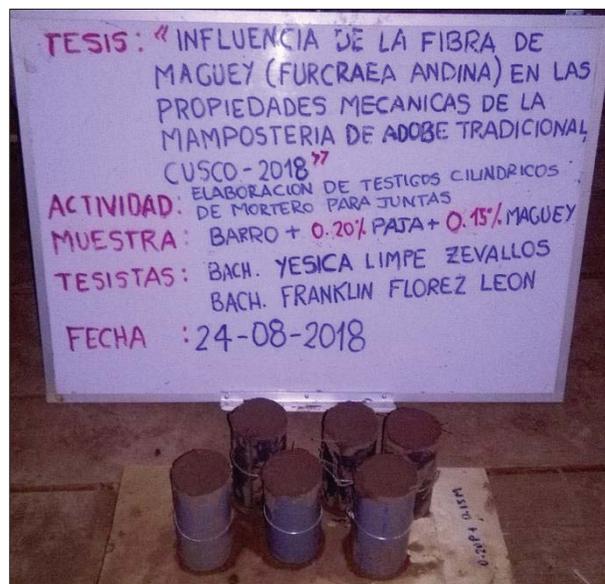
Muestra Tipo 1 (Barro + 0.35% de paja + 0.00% de fibra de maguey)



Muestra Tipo 2 (Barro + 0.20% de paja + 0.00% de fibra de maguey)



Muestra Tipo 3 (Barro + 0.20% de paja + 0.05% de fibra de maguey)



Muestra Tipo 4 (Barro + 0.20% de paja + 0.15% de fibra de maguey)



Muestra Tipo 5 (Barro + 0.20% de paja + 0.20% de fibra de maguey)